

Studi Numerik Pergerakan Pig melalui Equal Tee pada Operasi Pigging

Ega Sefriansyah Avianto^{1*}, Emie Santoso², Burniadi Moballa³

Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri, Surabaya, Indonesia^{1*}

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: ega.piping@gmail.com^{1*};

Abstract - The existence of Equal tee on the Pigging line is generally become a serious problem for Pig's motion. Distributing of fluid flow as driving power for Pig run and the transfer of Pig flow to the branch tee are the causes of pigging disruption on the pipeline. Some of factors that influence the Pig motion such as Reynolds number and the geometry of Pig used. The Reynolds number and Pig geometry determine the character of the Pig flow, velocity and the translation of Pig when the pigging operation is in progress. By doing numerical studies of Pig's motion through equal tee for Pigging operations using overset method on Pig geometry and degree of freedom for Pig flow, simulation, speed and translation that occur on equal tee will be proper to get the influence of Pig geometry, Reynolds number in preventing the Pig fall. The research use Foam Pig, Bullet Pig and Reverse Pig as Pig variation model and various Reynolds number that consist by Re. 591500, Re. 50000, and Re. 10000. Based on this simulation, known that increasing the Reynolds number is linear with the Pig velocity that happened on Pig motion but increasing the velocity will happened for Pig that fall to branch tee. this simulation also show that the Various of Pig's geometri and Reynolds number used in Pigging operations have high influence in branch or Z axis translation. Reverse Pig with Re. 10000 has lower Z axis negative (bottom) translation than another. that is -0.0014 when approaching branch tee and tends to undergo translation on Z positive when throughing the equal tee. The final translation experienced by Reverse Pig on Z axis positive is 0.02. So using Reverse Pig for next operation is suggested to prevent Pig fall.

Keyword: Pig translation, Geometry, Reynolds number.

Nomenclature

s	second (detik)
Re.	Reynolds number
u	Kecepatan
U	Kecepatan fluida di inlet
D	Diameter
y	radius local velocity profil dari dinding pipa
ρ	Massa jenis

1. PENDAHULUAN

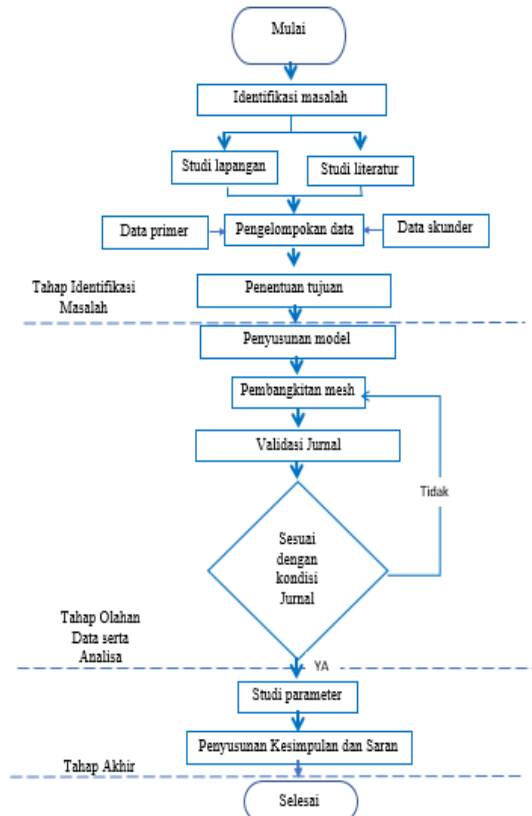
Kegiatan *commissioning* pada dinding pipa merupakan proses penting yang tidak dapat dihindari dalam suatu proyek pembangunan jalur perpipaan. Metode Pigging dalam proses *commissioning* dilakukan untuk mewujudkan kebersihan dinding Pipa secara maksimal sebelum dialiri fluida [1]. Adanya *fitting* berupa *Equal Tee* pada jalur pigging menjadi persoalan serius bagi laju Pig. Terbaginya aliran fluida pendorong Pig pada cabang tee menyebabkan terganggunya operasi pigging pada jalur *pipeline*. Pipeline (jalur transportasi fluida dari satu daerah menuju daerah lain)[2]. Tidak hanya terganggu dan

mempengaruhi laju pig, adanya *Equal Tee* pada jalur *pigging* ini juga berpengaruh pada penyebab terhentinya operasi Pigging. Pengeluaran Pig dari jalur *pipeline* dengan cara membuka jalur atau memotong pipa merupakan kegiatan yang dihindari dalam kegiatan Pigging pada proses *commissioning*. Oleh karena itu penting dilakukan studi numerik terhadap laju pig saat melalui tee. Adapun metode dari studi numerik ini ialah dengan mendapatkan pengaruh besarnya nilai Reynolds serta geometri dari Pig. Nilai Reynolds sangat menentukan jenis aliran dari laju pig ketika operasi *pigging* sedangkan geometri dari pig berupa bentuk mempengaruhi laju pig ketika melalui *equal tee* pada saat operasi pigging berlangsung. Dengan dilakukan studi numerik terhadap pengaruh nilai *Reynolds* serta geometri pig melewati *equal tee* maka didapatkan pengaruh nilai *Reynolds*, geometri pig terhadap laju Pig melalui tee serta model dan evaluasi geometri pig yang baik.

2. METODOLOGI.

2.1 Alur Studi Numerik Pergerakan Pig Melalui Equal Tee pada Operasi Pigging

Penelitian yang dilaksanakan pada tugas akhir ini adalah untuk melaksanakan studi numerik analisa karakteristik, geometri serta pengaruh besaran nilai Reynolds terkait dengan laju Pig pada saat melalui Equal tee. berikut merupakan diagram alur penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian.

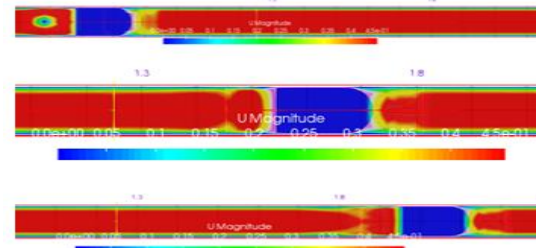
Studi ini berawal dari dilaksanakannya pembersihan dinding internal pada jalur *pipeline* avtur melalui operasi *pigging* dilapangan. Berikut merupakan kegiatan pelaksanaannya.



Gambar 2. Kegiatan Pembersihan Pipa.

Adapun Validasi penelitian dilakukan sebelum simulasi laju Pig melalui Equal tee berlangsung. Dengan memperhatikan persoalan proses Pigging

[3] serta mengacu pada penelitian berjudul “*CFD analysis of phenomena attributed to pigging run in a pipeline*” [4]. Penelitian tersebut menganalisa laju Pig melalui pipa lurus serta elbow. Adapun hasil yang didapatkan setelah melakukan validasi tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Hasil validasi laju Pig pada Pipa lurus.

Dari validasi tersebut didapatkan kecepatan yang terjadi saat Pig melaju dalam pipa lurus pada waktu tertentu. Adapun detail kecepatan tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Validasi kecepatan saat Pig melaju

Value at different time step (t_{step})	Hasil Kecepatan (Antonio dan Miguel.2014)	Hasil Kecepatan Validasi
3.0 (s)	$\left(\frac{m}{s}\right)$	$\left(\frac{m}{s}\right)$
Flow Velocity at 1.0 (m)	0.4168	0.399973333
Flow Velocity at 1.5 (m)	0.4136	0.399973184
Flow Velocity at 2.0 (m)	0.4264	0.399973124

Dari table tersebut didapatkan perbedaan yang tidak jauh berbeda dengan simulasi kecepatan Pig dalam pipa lurus yang dilakukan [5]. Adapun persentase yang didapatkan adalah sebagai berikut.

$$Error = \frac{(V1 - V2)}{V2} * 100 \% \quad (1)$$

$$= \frac{(0.4168 - 0.399973333)}{0.399973333} * 100\%$$

$$= 4.20 \%$$

Adapun studi pergerakan Pig melalui Equal tee ini menggunakan metode simulasi dengan perlakuan *non-dimensional*. Dilakukannya simulasi dengan metode *non-dimensional* adalah untuk mendapatkan manfaat penelitian yang lebih luas. Sehingga hasil studi numerik pergerakan pig melalui equal tee tidak hanya dapat digunakan pada dimensi Pig serta tee 20” saja, melainkan pada berbagai kasus pig melalui tee dengan diameter serta lainnya. Berikut merupakan variasi simulasi yang dilakukan

1. Foam Pig Re. 591500
2. Foam Pig Re. 50000
3. Foam Pig Re. 10000
4. Polly Pig Re. 591500

5. Polly Pig Re. 50000
6. Polly Pig Re. 10000
7. Reverse Pig Re. 591500
8. Reverse Pig Re. 50000
9. Reverse Pig Re. 10000

Adapun geometri tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Geometri

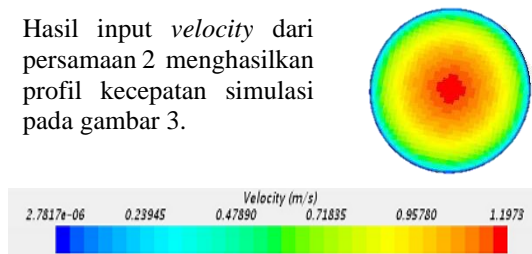
Geometri simulasi	Keterangan
	<u>Nama:</u> Foam Pig <u>Length:</u> 1.2 <u>Radius:</u> 0.4
	<u>Nama:</u> Bullet Pig (Polly Pig) <u>Length:</u> 1. <u>Radius:</u> 0.4
	<u>Nama:</u> Reverse Pig <u>Length:</u> 1.2 <u>Radius:</u> 0.4

2.2 Local Velocity Profil

Profil kecepatan aliran fluida saling mendekati dari dinding pipa hingga pusat pipa [5]. Berikut adalah persamaan untuk *local velocity profil*.

$$\frac{u}{V} = (1 + 3.75 \sqrt{\frac{f}{8}}) + 2.5 \sqrt{\frac{f}{8}} * \ln \frac{y}{R} \quad (2)$$

Hasil input *velocity* dari persamaan 2 menghasilkan profil kecepatan simulasi pada gambar 3.



Gambar 4 *local velocity profil*.

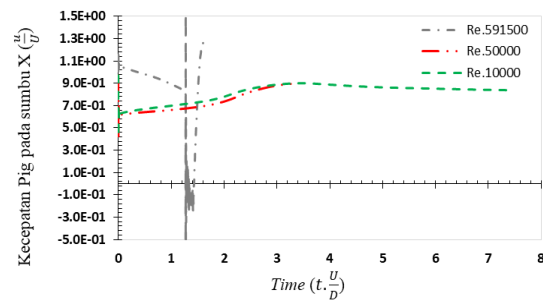
Dari gambar 4 menunjukkan kecepatan fluida yang terjadi pada dinding pipa sangat kecil yaitu $0-0.36 \frac{m}{s}$ dan kecepatan rata-rata pusat pipa ialah $1 \frac{m}{s}$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

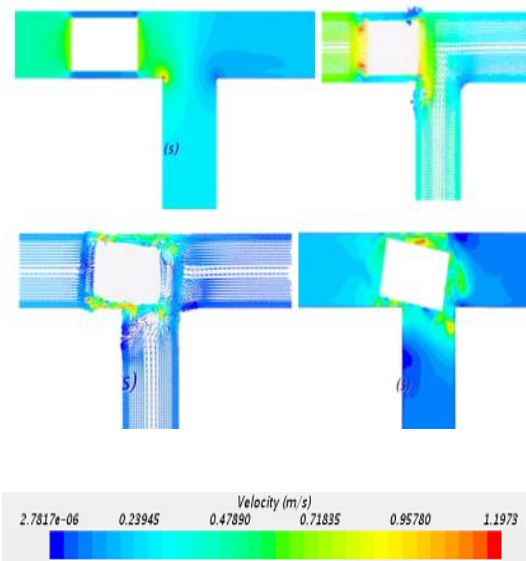
3.1 Pig Foam Re.591500, Re. 50000, Re. 10000.

Hasil simulasi pada Foam Pig dengan Re. 591500, 50000, 10000 menunjukkan kecepatan yang berbeda. Pig Re.591500 ditampilkan dengan grafik putus berwarna abu-abu, Re.50000 (merah) Re.10000 (hijau). Gambar 3 menampilkan laju Pig dengan Re. 591500 mengalami penurunan kecepatan dari awal laju Pig, dan mengalami peningkatan yang *significant* pada waktu 1.2 s hingga Pig terhenti pada cabang tee dengan kecepatan sebelum terhenti sebesar $1.21 \frac{m}{s}$ pada waktu 1.59 s. Pada Re.50000 menampilkan kecepatan tertinggi yang dialami oleh pig ialah

$0.89 \frac{m}{s}$. Sedangkan Pada grafik Re. 10.000 Pig tidak banyak mengalami penurunan kecepatan. Berikut merupakan hasil simulasinya.



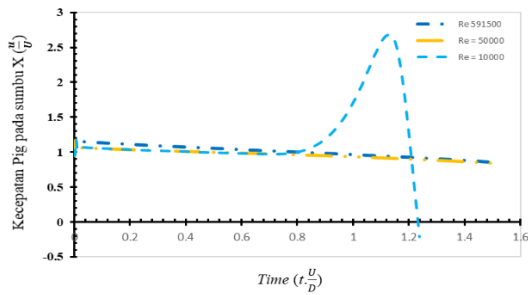
Gambar 5 Kecepatan Foam Pig pada sumbu X Berikut ialah hasil simulasi tersebut.



Gambar 6. Simulasi laju Foam Pig (Kiri atas : 0.05 s, Kanan atas : 0.55 s, Kiri bawah : 1.35 s, Kanan bawah : 1.6 s).

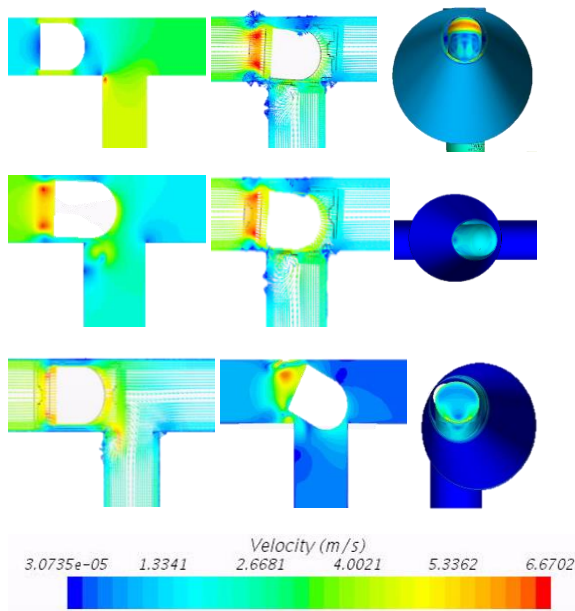
3.2 Polly Pig Re.591500, Re.50000, Re.10000

Kecepatan Bullet Pig (Polly Pig) melalui equal tee dengan nilai Re.591500, Re.50000, Re.10000 ditampilkan pada gambar 6. Pada grafik tersebut Re.591500 disimbolkan dengan garis putus biru, Re.50000 (*orange*), 10000 (*cyan*). Pada Re. 591500 memiliki kecepatan yang cenderung menurun dari $1.0098 \frac{m}{s}$ hingga $0.848 \frac{m}{s}$ pada ujung perjalanan Pig. Hal tersebut tidak jauh beda pada Pada Re. 50000 dan 10000 yang memiliki kecepatan lebih rendah dari laju Pig dengan Re. 591500 namun hal tersebut hanya terjadi hingga time solution mencapai 0.847 s bagi Bullet Pig dengan Re. 10000, karena pada waktu tersebut bullet pig mulai jatuh menuju cabang tee sehingga mengalami peningkatan kecepatan mencapai $2.60 \frac{m}{s}$ dan kemudian Pig terhenti. Adapun grafik dari diskripsi kecepatan laju Pig tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 7. Grafik kecepatan Bullet Pig pada Re. 591500, Re. 50000, Re. 10000

Dari gambar grafik tersebut tampak adanya perbedaan kecepatan yang berbeda-beda antara variasi yang digunakan., yaitu Re.591500, Re.50000, Re.10000. Adapun detail simulasi tersebut ditampilkan pada gambar 7 berikut ini.

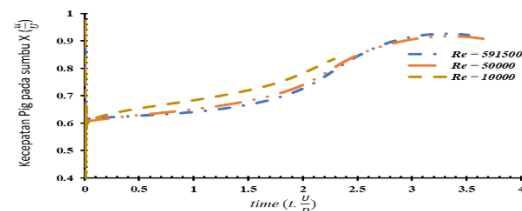


Gambar 8 Simulasi Bullet Pig melalui Equal tee
 Atas Re.591500, t: 0.1 s, 1.2 s
 Tengah Re.50000, t: 0.1 s, 1.4 s
 Bawah Re. 10000, t: 0.5 s, 1.2 s .

3.2 Reverse Pig Re.591500, Re.50000, Re.10000

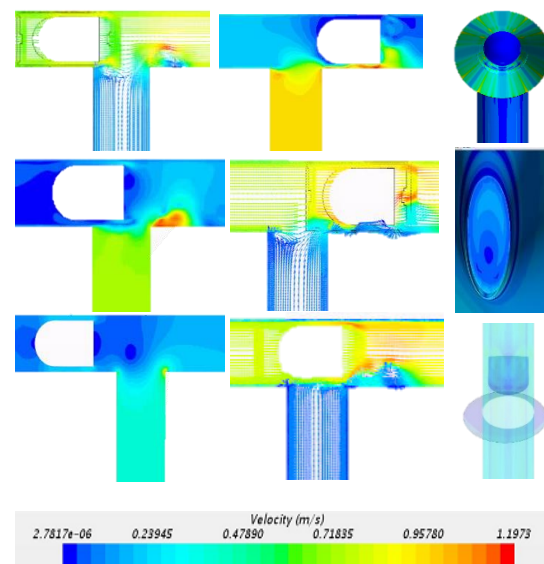
Simulasi laju Reverse Pig menghasilkan nilai kecepatan yang beragam. masing garis pada grafik tersebut menunjukkan hasil kecepatan Pig pada variasi Reynolds number 591500, 50000, 10000. Pada Re.591500 ditampilkan dengan garis putus berwarna biru, Re.50000 dengan warna orange sedangkan pada Re.10000 ditampilkan dengan warna krem. Pada grafik kecepatan Pig dengan nilai Reynolds sebesar 591500 terlihat adanya peningkatan kecepatan pig pada waktu 2.01 detik saat kecepatan Pig mencapai $0.726 \frac{m}{s}$ hingga pig melaju pada waktu 3.512 s kecepatan

Pig menjadi stabil menjadi pada kecepatan 0.92 hingga pig berhenti. Pada saat simulasi laju pig, Pig ini tidak jatuh menuju cabang tee dan berakhir. Sedangkan pada Reynolds dengan nilai 50000 tersebut terlihat adanya peningkatan kecepatan pig pada waktu 2.006 detik saat kecepatan Pig mencapai $0.740 \frac{m}{s}$ hingga pig melaju pada waktu 3.638 s kecepatan Pig menjadi stabil menjadi pada kecepatan 0.90 hingga pig berhenti. Pig ini tidak jatuh menuju cabang tee dan berakhir. Adapun pada nilai Reynolds sebesar 10000, grafik kecepatannya terlihat adanya peningkatan kecepatan pig pada waktu 0.045 s saat kecepatan Pig mencapai $0.617 \frac{m}{s}$ hingga pig melaju pada waktu 2.283 s, kecepatan Pig menjadi stabil menjadi pada kecepatan $0.833 \frac{m}{s}$ hingga Pig berhenti tanpa jatuh. Berikut merupakan grafik kecepatan tersebut.



Gambar 9 grafik kecepatan Reverse Pig pada Re. 591500, 50000, 10000

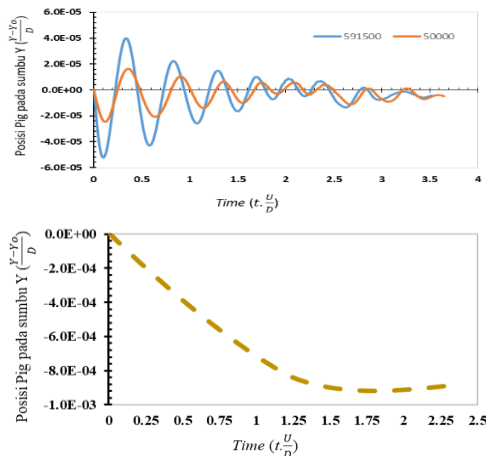
Disamping gambar grafik 9 yang mendiskripsikan kecepatan pergerakan Pig Reverse pada variasi Re. 591.500, 50.000, serta 10.000 di atas, terdapat hasil simulasi laju Pig. Adapun simulasi laju Pig Reverse tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 10 Kecepatan Pig saat melalui equal tee
 Atas Re.591500, t: 1.8 s, 3.5 s
 Tengah Re.50000, t: 1.56 s, 3.52 s
 Bawah Re. 10000, t: 0.12 s, 2.25 s .

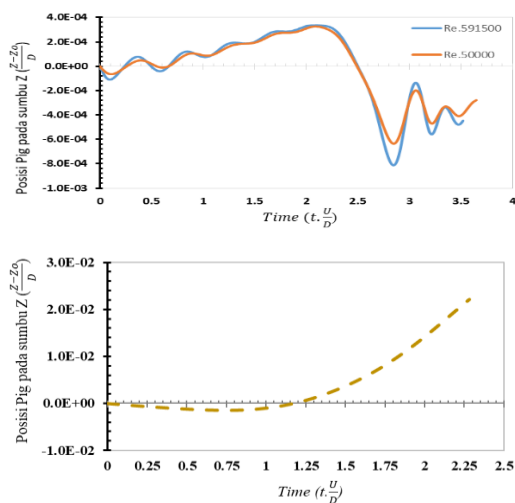
Disamping hasil berupa kecepatan Pig tersebut, terdapat translasi yang terjadi saat Pig Reverse ini

melaju. Pada translasi Y menampilkan pergerakan ke kanan (*positive*) serta ke Kiri (*negative*) Pig. Adapun translasi Y yang terjadi pada Re.591500 dengan 50000 ini menunjukkan kenaikan translasi lalu penurunan seiring berjalannya waktu dan menjadi constant. Sedangkan pada Re.10000 memiliki translasi Y yang cukup berbeda. Yaitu cenderung mengalami pergerakan ke arah Y *negative*. Berikut merupakan translasi Y yang dialami oleh Reverse Pig ini.



Gambar 11 Translasi Reverse Pig pada sumbu Y
 (Atas : Re. 591500, Bawah Re. 10.000)

Disamping translasi Y tersebut, terdapat perubahan posisi Pig pada sumbu Z. Pergerakan ini ialah pergerakan Pig kebawah (*negative*) menuju cabang tee, serta keatas (*z positive*). Adapun translasi Z pada Pig Reverse ini dapat dilihat pada gambar di bawahini, grafik tersebut menampilkan adanya pergerakan Pig yang tidak stabil dari awal Pig melaju pada waktu time solution 0.001 s hingga 3.6 s. hal tersebut berlaku pada Reverse Pig dengan Re.591500 serta Re. 50000 sedangkan pada Re.10000, cenderung memiliki translasi *z positive*



Gambar 12 Translasi Z Reverse Pig

(Atas : Re. 591500, Bawah Re. 10.000)

4. KESIMPULAN

Berikut merupakan kesimpulan studi pergerakan Pig melalui Equal tee

1. Variasi geometri pig serta nilai *Reynolds* yang digunakan pada operasi Pigging mempengaruhi jatuh tidaknya Pig menuju cabang tee. *Reverse Pig* sebagai geometri Pig dengan nilai *Reynolds* 10.000 memiliki nilai translasi pada sumbu Z *negative* (kebawah) yang lebih rendah yaitu -0.0014 saat mendekati cabang tee dan cenderung mengalami translasi pada Z *positive* saat melalui equal tee. Adapun translasi akhir yang dialami Reverse Pig pada sumbu Z *positive* adalah 0.02 .
2. Pergerakan Pig melalui *equal tee* pada operasi Pigging sangat dipengaruhi oleh pemilihan geometri Pig. Berdasarkan hasil simulasi, *Polly Pig* sebagai model geometri Pig lah yang jatuh menuju cabang tee. Dengan nilai *Reynolds* 10.000, *Polly Pig* menunjukkan translasi pada sumbu Z sebesar -0.205 × diameter Pig (ke bawah). Sedangkan pada *Foam Pig*, dengan nilai *Reynolds* yang sama menunjukkan translasi pada sumbu Z sebesar -0.000240 × diameter Pig (ke bawah). Dan pada *Reverse Pig*, translasi cenderung mengarah pada sumbu Z positif sebesar 0.021 × diameter Pig (ke atas).
3. Besarnya nilai *Reynolds* yang digunakan sangat mempengaruhi translasi pig pig pada sumbu Z negatif (jatuh menuju cabang tee). Dengan geometri yang sama (*Polly Pig*), pada *Reynolds* 10.000 lah Pig jatuh menuju cabang tee. Sedangkan pada *Foam Pig*, Pig dengan *Reynolds number* 591.500 lah yang jatuh menuju cabang tee dengan translasi tertinggi pada sumbu Z *negative*.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

1. Kedua orang tua tercinta yakni Bapak Joko Supriyanto dan Ibu Sumining, serta saudara penulis yakni adik Daffa, mbak Megha, dan mas Dede juga saudara kembar penulis (Egi) yang selalu mencurahkan doa, kasih sayang, perhatian, keceria'an serta semangat dukungan penuh bagi penulis.
2. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Dimas Endro Witjanarko, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Pekik Mahardika, S.ST.,MT selaku Koordinator Tugas Akhir dan Dosen

- Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
6. Ir Emie Santoso, MT. dan Bapak Burniadi Moballa, ST., MSc. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Dosen Mata Kuliah Mekanika fluida yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan
 7. Pembimbing *On Job Training penulis*, Bapak. Putu serta rekan dan seluruh karyawan PT. Wijaya Karya yaitu, Mang Ngudi, Pak Kurniawan, Pak Prasetyo, Pak Pong, Pak Sutrisman, Mang Zul, Pak Bagus, Pak Fajar, Mas Alif, Pak Nasrudin serta seluruh tim proyek relokasi pipeline terminal M1-M2 Bandara International Soekarno-Hatta yang tidak disebutkan satu-persatu.
 8. Teman-teman seperjuangan Teknik Perpipaan 2015 yang telah bersama-sama berjuang selama berada di kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
 9. Ketua beserta seluruh teknisi Lab CAD yang telah memberi fasilitas peminjaman komputer selama pengerjaan tugas akhir.
 10. Semua Pihak yang telah membantu kelancaran kegiatan dan penyelesaian Tugas Akhir.

6. PUSTAKA

- [1] Qonitatin,nur.2018.Pengertian pigging.Analisa *pigging stuck* pada *bending* pipa api 51x-52 diameter 24 *inch* pada proses *cleaning pipeline* jalur *pipeline* arun belawan. Proceedings Confrence On Piping Engineering and its application,[S.I.],v.2,n,40,p.1.Avalaible at<http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/378>
- [2] Fajri,Adul;Endri,George;Dwijati,Daisy.2013.pengertian pipeline. Analisa Redesain *Support Pipeline Above ground* KM 00.950 – KM 01.100 Jalur Balongan – Mundu di Pesisir Balongan.Procedings Confrence On Piping Engineering and its application,[S.I.],v.2,n,16,p.1.Avalaible at.<http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/378>>
- [4] Borregales, A. M. Asuje, and Ruben E. (2014). “CFD analysis of phenomena attributed to pigging run in a pipeline”. IMECE, 14: p. 3-10
- [5] Robert Philip Benedict.1980.velocity profil-Fundamentals of Pipe Flow-John Wiley & Sons