

Analisa Pengaruh Jarak *Choke Bean* Terhadap Laju Erosi Aliran Dua Fasa *Steam-Solid* di Dalam *Elbow* pada Pipa Vertikal Injektor Uap Menggunakan CFD

MSK Tony Suryo Utomo^{1,a,*}, Eflita Yohana^{1,b} dan Abrorul Fuady¹
¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia
^amsktonysu@yahoo.co.id, ^befnan2003@gmail.com

Abstrak

Choke bean adalah alat yang sangat dibutuhkan pada sistem produksi hidrokarbon yang berfungsi menahan dan mengatur laju aliran fluida di dalam pipa melalui lubang (*orifice*) dari *choke bean*. Penggunaan *choke bean* sangat beresiko karena kecepatan fluida yang keluar dari *choke* cukup tinggi akibat adanya penyempitan penampang aliran. Kecepatan yang tinggi tersebut dapat mempengaruhi laju erosi yang terjadi di *elbow*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak *choke bean* dengan *elbow* dan kecepatan fluida terhadap laju erosi di *elbow* menggunakan CFD. Variasi jarak *choke bean* dengan *elbow* adalah 12 in (0,3048 m), 24 (0,6096 m) in dan 36 in (0,9144 m). Sedangkan variasi kecepatan fluida sebesar 15,99 m/s, 22,39 m/s dan 28,78 m/s. Hasil simulasi menunjukkan semakin besar jarak antara *choke bean* dengan *elbow* menyebabkan penurunan laju erosi dari 25,1 mm/year, 21,3 mm/year hingga 16,9 mm/year, masing-masing pada jarak 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) dan 36 in (0,9144 m) dan pada kecepatan yang sama 15,99 m/s. Peningkatan kecepatan fluida berpengaruh pada peningkatan laju erosi. Pada jarak yang sama 12 in (0,3048 m) dengan kecepatan yang berbeda yaitu 15,99 m/s, 22,39 m/s dan 28,78 m/s diperoleh laju erosi masing-masing sebesar 25,1 mm/year, 67,5 mm/year dan 128,2 mm/year.

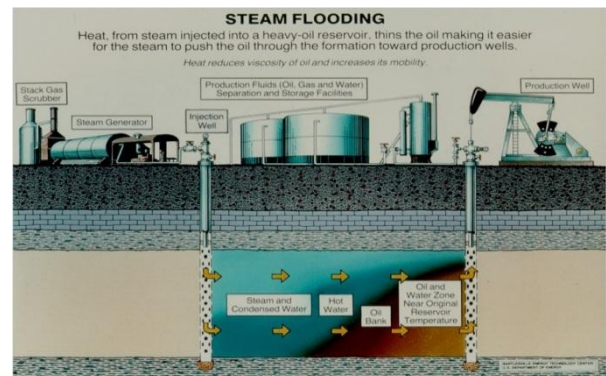
Kata kunci : CFD, *choke bean*, *elbow*, hidrokarbon, laju erosi

Pendahuluan

Kebutuhan energi dunia saat ini masih sangat bergantung pada pemanfaatan energi yang berasal dari sumber daya hidrokarbon (energi fosil) yaitu minyak bumi. Bertambahnya Jumlah penduduk dunia menyebabkan konsumsi energi dunia khususnya minyak bumi semakin meningkat [1].

Kebutuhan minyak bumi suatu negara erat kaitannya dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat [2]. Konsumsi minyak bumi di Indonesia meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia [3].

Produksi minyak bumi di Indonesia dibagi menjadi beberapa blok minyak yang dikelola oleh Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) dari perusahaan nasional dan multinasional.



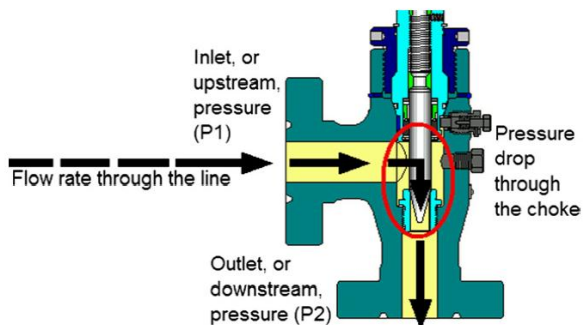
Gambar 1. Produksi minyak menggunakan teknologi injeksi uap (*steam flooding*) [4].

Dalam memproduksi minyak bumi, beberapa perusahaan tersebut menggunakan teknologi injeksi uap (*steam flooding*). Sistem injeksi uap dalam proses produksi minyak ini dapat dilihat pada Gambar 1. Salah satu bagian penting pada produksi minyak bumi dengan injeksi uap adalah *steam line* yang merupakan jalur aliran uap dimana uap yang

berasal dari *steam generator* dan *cogen* diinjeksikan kedalam *reservoir* untuk mengangkat minyak ke permukaan. Pada jalur aliran uap (*steam line*) terdapat suatu alat yang digunakan untuk mengatur laju aliran uap yaitu *choke bean*.

Choke bean sangat dibutuhkan pada instalasi suatu sistem perpipaan khususnya injeksi uap ketika laju aliran fluida (uap) di dalam pipa (*steam line*) sangat besar. Fungsi utama alat ini adalah untuk menahan dan mengatur laju aliran fluida di dalam pipa melalui lubang (*orifice*) dari *choke bean*.

Akibat adanya *orifice* ini, tekanan sebelum dan sesudah *orifice* menjadi berbeda yang besarnya tergantung dari diameter *orificenya*. Prinsip inilah yang digunakan untuk menahan dan mengatur laju aliran fluida tersebut. Besar kecilnya diameter *orifice* akan sangat berpengaruh pada pengaturan laju aliran fluida [5]. Gambar 2 menunjukkan skema dari *choke bean*.

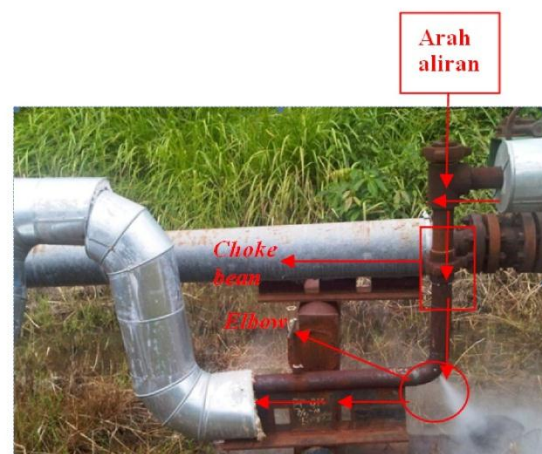


Gambar 4. Skema *choke bean* [6].

Penggunaan *choke bean* pada sistem perpipaan injeksi uap sangat beresiko karena kecepatan uap saat berada di *choke* cukup tinggi. Hal ini dikarenakan adanya penyempitan penampang yaitu perubahan diameter dari diameter pipa yang besar menuju ke diameter *orifice* yang lebih kecil. Apalagi *choke bean* dipasang sebelum *elbow* akan memungkinkan kecepatan uap di dalam *elbow* menjadi tinggi. Kemungkinan pengaruh dari kecepatan uap yang keluar dari *choke bean* akan menghantam *elbow* dan menyebabkan terjadinya penipisan pada dinding *elbow*. Penipisan pada dinding *elbow* yang berkepanjangan dapat mengakibatkan

kebocoran di *elbow*. Hal tersebut sangat mempengaruhi proses injeksi uap dimana proses injeksi uap menjadi terganggu sehingga produksi minyak pun berkurang.

Faktor lain yang bisa menyebabkan terjadinya penipisan pada dinding *elbow* adalah jarak antara *choke bean* dengan *elbow* yang terlalu dekat. Karena kecepatan uap yang keluar dari *choke* akan menjadi lebih tinggi saat berada di dinding *elbow* yang akibatnya bisa mempercepat terjadinya penipisan pada dinding *elbow* hingga mengalami kebocoran. Gambar 3 memperlihatkan bagaimana uap menyembur keluar dari *elbow* yang mengalami kebocoran.



Gambar 3. Pipa injektor uap yang mengalami kebocoran di bagian *elbow*.

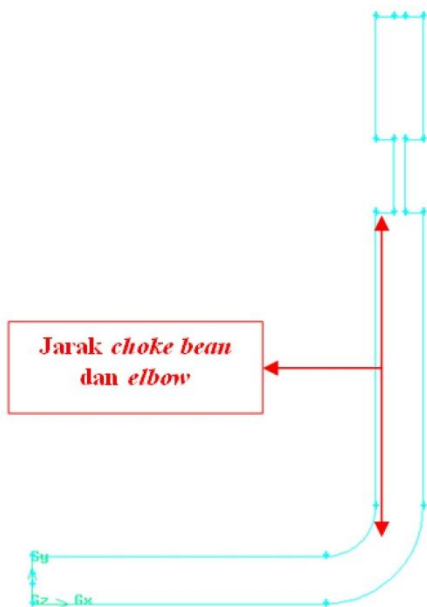
Faktor jarak antara *choke bean* dengan *elbow* yang terlalu dekat diduga menjadi penyebab kebocoran sistem perpipaan injektor uap. Berdasarkan standar API RP 14 E panjang minimal pipa lurus dari *choke outlets* adalah 3 ft (0,9144 m). Pipa lurus merupakan pipa yang terletak antara *choke bean* dan *elbow*. Jadi bisa dikatakan 3 ft (0,9144 m) adalah jarak minimal antara *choke bean* dengan *elbow* [7]. Sedangkan jarak antara *choke bean* dengan *elbow* pada salah satu perusahaan minyak di Indonesia hanya 1 ft (0,3048 m).

Oleh karena itu perlu dilakukan suatu penelitian mengenai pengaruh jarak antara *choke bean* dengan *elbow* terhadap laju erosi di dalam *elbow* pada pipa vertikal injektor

uap menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Tujuan dari penelitian ini adalah pertama, untuk mengetahui pengaruh dari modifikasi jarak antara *choke bean* dengan *elbow* terhadap laju erosi yang dihasilkan di dalam *elbow* pada pipa vertikal. Kedua, untuk mengetahui pengaruh dari variasi kecepatan *steam* terhadap laju erosi.

Pemodelan CFD

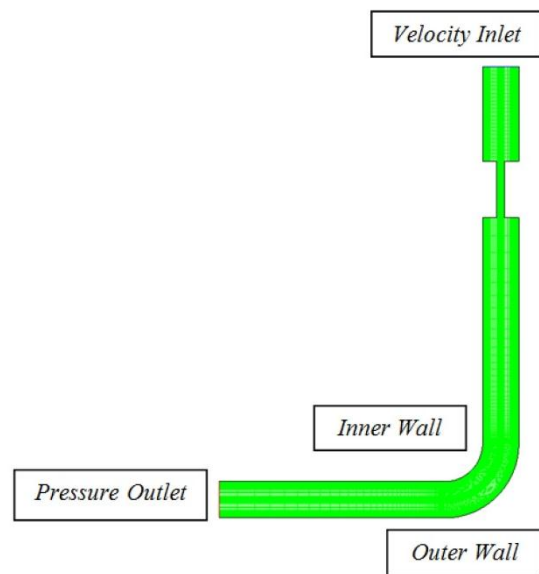
Model benda yang digunakan dalam simulasi ini disesuaikan mendekati keadaan sesungguhnya di lapangan yang merupakan skema pipa injektor uap yang terdiri dari pipa lurus, *choke bean* dan *elbow* seperti terlihat pada Gambar 3. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pipa injektor uap dimodelkan dalam bentuk dua dimensi. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses simulasi sekaligus menyederhanakan pemodelannya. Penyajian model dalam bentuk 2-D dalam hal ini sudah cukup mewakili untuk analisa laju erosi di *elbow*. Domain komputasi dan kondisi batas simulasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Model 2-D pipa injektor uap.

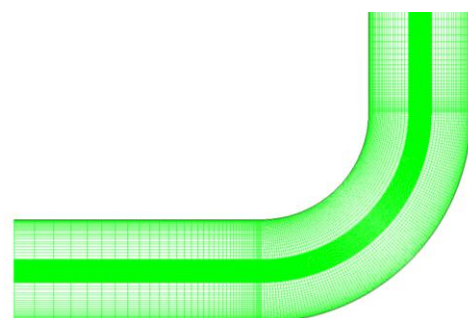
Pada model tersebut akan divariasikan jarak *choke bean* dan *elbow* dari 1ft (0,3048 m), 2ft (0,6096 m), sampai 3ft (0,9144 m) sesuai dengan jarak minimum yang ditentukan pada standar API RP 14E. Selain itu, kecepatan

steam juga divariasikan yaitu, 15,99 m/s, 22,39 m/s dan 28,78 m/s.



Gambar 5. Daerah asal (*domain*) pipa injektor uap dalam aliran dua dimensi.

Berhubung daerah yang paling diinginkan adalah daerah *elbow* bagian dinding maka dibuat *mesh* dengan ukuran lebih kecil pada daerah dekat dinding pipa dibandingkan dengan bagian tengah pipa. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih teliti pada permukaan (dinding) pipa khususnya *elbow*. Pada arah aksial (memanjang) dilakukan *meshing* pada daerah *elbow* dengan ukuran lebih kecil daripada pipa lurus karena pada daerah tersebut terjadi perubahan arah aliran sehingga dibutuhkan ketelitian yang lebih tinggi. Pada pipa lurus ukuran *mesh* arah aksial pada daerah dekat *elbow* lebih kecil dari bagian tengah pipa. Bentuk *mesh* tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Grid* terstruktur pada domain.

Proses simulasi menggunakan metode solusi *Pressure Based 2D*. Sedangkan model turbulensi yang digunakan adalah model *k-epsilon standard wall function*. Untuk mengakomodasi fenomena aliran dua fasa solid dan gas digunakan metode *Discrete Phase Model (DPM)* dalam pada proses simulasi.

Fluida merupakan *saturated steam* dengan properti fluida seperti terlihat pada Tabel 1. Sedangkan *solid* yang digunakan adalah *sand* (pasir) dengan sifat seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Fluida

Properties	Nilai
Densitas rata-rata	30,14045 kg/m ³
Viskositas rata-rata	0,000044 kg/ms
Kecepatan	15,99 m/s
Re	539443

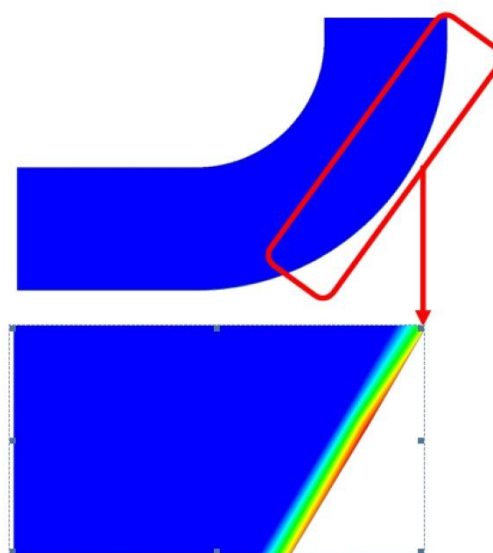
Tabel 2. Spesifikasi *Sand*

Properties	Nilai
Densitas	2650 kg/m ³
Diameter	1,32e-06 m
Kecepatan	15,99 m/s
Laju Aliran	1 kg/s

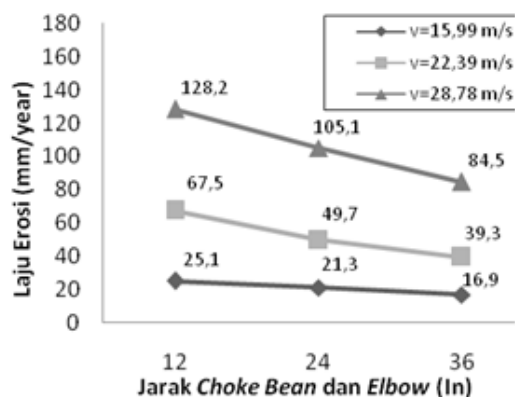
Hasil Simulasi

Gambar 7 memperlihatkan bahwa erosi terjadi pada *outer elbow* atau sisi luar bagian dari *elbow*. Gambar 8 merupakan grafik yang mengilustrasikan hubungan antara jarak *choke bean* dengan *elbow* dan laju erosi berbanding terbalik. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin panjang jarak antara *choke bean* dengan *elbow* maka laju erosi akan semakin turun. Dapat dilihat bahwa laju erosi pada grafik dimana jarak terjauh 36 in (0,9144 m) merupakan laju erosi terendah. Hal ini sejalan dengan kriteria jarak minimum menurut standar API RP 14E yaitu 36 in (0,9144 m) [7].

Pada saat fluida memasuki *choke bean* kecepatan menjadi tinggi karena adanya penyempitan penampang. Hal tersebut dapat dilihat dari kontur kecepatan pada Gambar 9. Kecepatan fluida di *choke bean* yang tinggi menyebabkan terjadinya turbulensi aliran ketika fluida keluar dari *choke bean* seperti terlihat pada Gambar 10. Turbulensi cukup besar karena bilangan Reynolds (*Re*) yang tinggi yaitu 539.443.



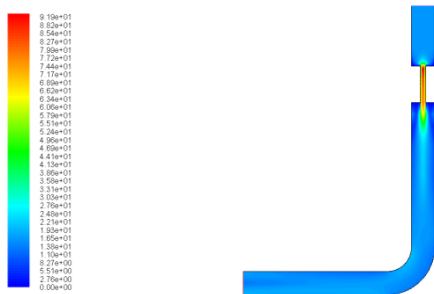
Gambar 7. Erosi terjadi pada *outer elbow*.



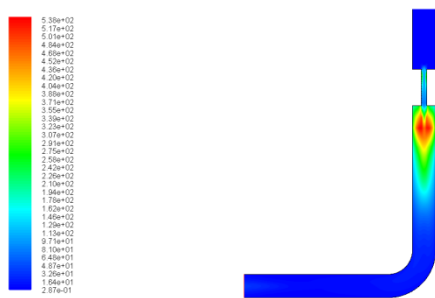
Gambar 8. Grafik hubungan jarak *choke bean* dan *elbow* terhadap laju erosi.

Jarak antara *choke bean* dengan *elbow* sangat mempengaruhi kondisi fluida pada saat memasuki *elbow*. Semakin dekat jarak *choke bean* dengan *elbow* maka turbulensi yang terjadi pada saat aliran memasuki *elbow* lebih

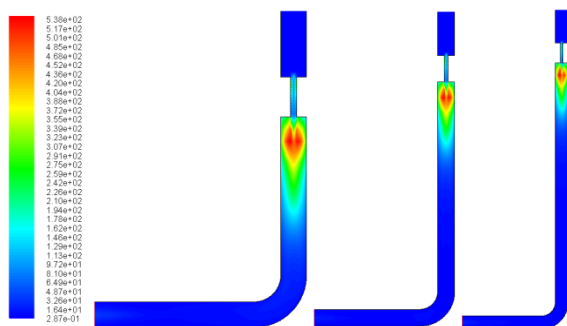
besar dibandingkan dengan jarak yang lebih jauh. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12 yang menunjukkan kontur turbulensi dari jarak 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) sampai 36 in (0,9144 m).



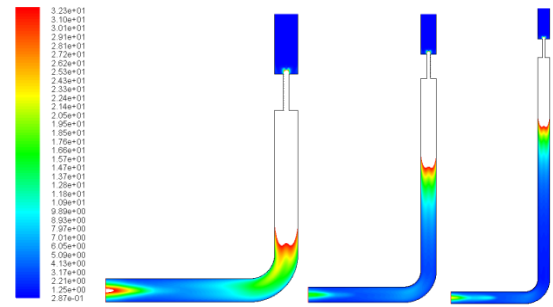
Gambar 9. Kontur kecepatan pada jarak 12 in (0,3048 m).



Gambar 10. Kontur turbulensi pada jarak 12 in (0,3048 m).

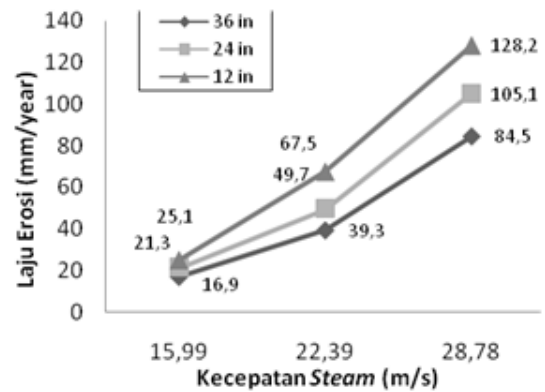


Gambar 11. Kontur turbulensi 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) dan 36 in (0,9144 m).



Gambar 12. Perbandingan kontur turbulensi 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) dan 36 in (0,9144 m) pada daerah masukan *elbow*.

Turbulensi aliran yang besar mempengaruhi laju erosi yang terjadi di *elbow*. Laju erosi menurun seiring dengan berkurangnya turbulensi aliran saat memasuki *elbow* karena jarak *choke bean* dan *elbow* yang menjauh. Jadi, semakin jauh jarak *choke bean* dengan *elbow* maka turbulensi aliran saat memasuki *elbow* menjadi lebih kecil sehingga laju erosi menurun.



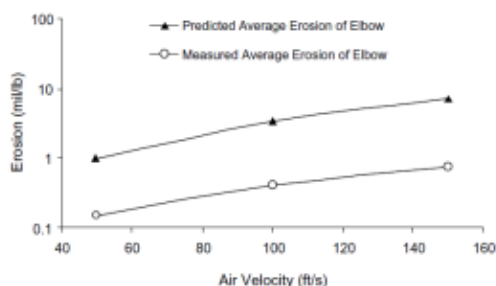
Gambar 13. Grafik hubungan antara kecepatan *steam* terhadap laju erosi.

Gambar 13 mengilustrasikan hubungan antara kecepatan *steam* terhadap laju erosi berbanding lurus. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan *steam* maka laju erosi yang dihasilkan semakin besar. Dapat dilihat bahwa laju erosi pada grafik dimana kecepatan tertinggi 28,78 m/s merupakan laju erosi tertinggi.

Saat kecepatan fluida cukup tinggi, kecepatan partikel akan mendekati kecepatan fluida. Erosi terburuk terjadi saat kecepatan aliran fluida berada pada kecepatan tertinggi yaitu 28,78 m/s. Peningkatan kecil pada

kecepatan fluida dapat mengakibatkan peningkatan laju erosi yang cukup besar saat kecepatan partikel mendekati atau sama dengan kecepatan fluida [8].

Grafik pada Gambar 22 memiliki *trend* grafik yang sama dengan penelitian X. Chen [8] seperti terlihat pada Gambar 23. Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan yang sama antara hasil penelitian saat ini dengan hasil yang diperoleh X. Chen. meskipun fluida yang digunakan tidak sama, dimana X. Chen menggunakan udara sebagai fluida kerjanya. Pada Gambar 23 tersebut terdapat dua grafik. Grafik yang berada dibawah adalah grafik yang diperoleh dari pengukuran langsung. Kemudian grafik yang di atasnya merupakan hasil prediksi menggunakan CFD.



Gambar 14. Grafik hubungan antara kecepatan fluida *air* (udara) terhadap laju erosi pada penelitian X. Chen [8].

Tabel 3 di bawah ini berisi laju erosi yang dihasilkan dari variasi jarak *choke* dengan *elbow* dan variasi kecepatan *steam*.

Tabel 3. Hasil Simulasi Kasus Pertama dan Kedua

Jarak <i>choke bean</i> dan <i>elbow</i>	Kecepatan	Laju Erosi	
		Kg/m ² s	mm/year
12 (0,3048)	15,99	6,20E-06	25,1
	22,39	1,67E-05	67,5
	28,78	3,17E-05	128,2
24 (0,6096)	15,99	5,26E-06	21,3
	22,39	1,23E-05	49,7
	28,78	2,60E-05	105,1
36 (0,9144)	15,99	4,18E-06	16,9
	22,39	9,73E-06	39,3
	28,78	2,09E-05	84,5

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Laju erosi dapat diturunkan dengan memperpanjang jarak antara *choke bean* dengan *elbow*. Semakin besar jarak antara *choke bean* dengan *elbow* maka laju erosi akan semakin rendah. Pada kecepatan yang sama 15,99 m/s dengan jarak yang berbeda yaitu 12 in (0,3048 m), 24 in (0,6096 m) dan 36 in (0,9144 m) menghasilkan laju erosi masing-masing sebesar 25,1 mm/year, 21,3 mm/year dan 16,9 mm/year.
2. Peningkatkan kecepatan *steam* berpengaruh pada peningkatan laju erosi. Pada jarak yang sama 12 in (0,3048 m) dengan kecepatan yang berbeda yaitu 15,99 m/s, 22,39 m/s dan 28,78 m/s diperoleh laju erosi masing-masing sebesar 25,1 mm/year, 67,5 mm/year dan 128,2 mm/year.

Referensi

- [1] Tverberg, G., 2013, *Peak Oil Demand is Already a Huge Problem*, <http://ourfiniteworld.com/2013/04/11/peak-oil-demand-is-already-a-huge-problem/>, diakses: 18 Agustus 2013.
- [2] Osryar, 2010, *Penduduk Indonesia Sensus Penduduk 2010*, <http://geolebak.blogspot.com/2010/12/gambar-an-umum-penduduk-indonesia-hasil.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- [3] Basri, F., *Sesat Pikir Pengelolaan Migas (II)*, <http://ekonomi.kompasiana.com/bisnis/2013/08/13/sesat-pikir-pengelolaan-migas-ii-584037.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- [4] *Enhanced Oil Recovery (Thermal Recovery)*, <http://petoil.blogspot.com/2012/03/enhanced-oil-recovery-thermal-recovery.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- [5] Saputro, G., 2010, *Laporan PKL*, <http://galih-duniaperminyakan.blogspot.com/2010/11/laporan-pkl.html>, diakses: 18 Agustus 2013.
- [6] Bai, Y. and Bai, Q., 2010, *Subsea Structural Engineering Handbook*, Houston USA.
- [7] API RP 14 E, 1991, *Recommended Practice for Design and Installation of*

Offshore Production Platform Piping System,
Washington DC.

[8] Chen, X., McLaury, B. S., Shirazi, S. A.,
2004, *Application and experimental
validation of a computational fluid dynamics*

*(CFD)-based erosion prediction model in
elbows and plugged tees*, Computers &
Fluids 33 1251-1272.