

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M7-026 Pipeline Pigging Systems

Viktor Malau

Jurusan Teknik Mesin dan Industri

Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281, Indonesia

Phone: +62-274-521673, FAX: +62-274-521673, E-mail: malau@ugm.ac.id

ABSTRACT

In the world, millions of miles of pipeline carrying everything from water to crude oil. The pipe is vulnerable to attack by internal and external corrosion, cracking, third party damage and manufacturing flaws. If a pipeline carrying water springs a leak bursts, it can be a problem but it usually doesn't harm the environment. However, if a petroleum or chemical pipeline leaks, it can be a environmental disaster. More information on recent US pipeline accidents can be found at the National Transportation Safety Board's Internet site. In an attempt to keep pipelines operating safely, periodic inspections are performed to find flaws and damage before they become cause for concern.

Engineers have developed devices, called pig, that are sent through the buried pipe to perform inspections and clean the pipe. The pigs are carried through the pipe by the flow of the liquid or gas and can travel and perform inspections over very large distances. The pigs carry a small computer to collect, store and transmit the data for analysis. Since 1997, a pig set a world record when it completed a continuous inspection of the Trans Alaska crude oil pipeline, covering a distance of 1,055 km in one run, but now the intelligent pig is the new & smart product to inspect and cleaning of the pipe line.

Pipeline pigging is the term to inspecting & cleaning the long distance pipeline. The reaction of pigging reduces the operation cost, safe the environmental, minimize the lost product and reduce the time lost.

Keywords: pipeline, inspection & cleaning, pigging systems, reduce cost.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. Pendahuluan

Pigging merupakan salah satu teknik untuk membersihkan bagian dalam dari sistem perpipaan (*pipeline system*) yang memiliki panjang puluhan kilometer atau bahkan ratusan kilometer seperti pipa minyak dan gas. Sistem perpipaan ini dapat digunakan untuk mengalirkan berbagai jenis fluida mulai air sampai *cruide oil*. Bila sistem perpipaan ini sudah digunakan untuk waktu relatif lama, tentu hal ini akan menyebabkan dinding bagian dalam pipa menjadi kotor yang bisa berupa kerak (*scale*) yang menempel pada dinding dalam pipa. Disamping itu, dinding dalam pipa dapat juga mengalami korosi, aus atau bahkan bocor. Belakangan ini sistem *pigging* tidak lagi hanya digunakan untuk membersihkan bagian dalam pipa, tetapi juga untuk mendeteksi adanya kerusakan (keausan, korosi, kebocoran, perubahan bentuk pipa, ...). Dengan demikian penggunaan “*pig*” (*pipeline inspection gauges*) dalam sistem perpipaan semakin rumit dan membutuhkan pengetahuan tambahan dalam menginterpretasi hasilnya. Secara garis besar, penggunaan *pigging system* dimaksudkan untuk [4]:

- a. Membersihkan bagian dalam pipa,
- b. Memisahkan secara fisis fluida berbeda yang sedang dialirkan dalam pipa tersebut,
- c. Mendeteksi / inspeksi dinding pipa seperti laju korosi, ketebalan sisa dinding pipa, perubahan bentuk / lekuk-lekuk pipa yang dikenal dengan istilah ILI (Inline Inspection) tool,
- d. Mencatat (*capturing and recording*) informasi yang berhubungan dengan *pipeline* seperti ukuran dan posisi kerusakan.

Pembersihan atau pengetesan bagian dalam pipa dengan sistem *pigging* ini dilakukan dengan memasukkan alat pig tersebut beserta kelengkapannya dari ujung pipa yang satu (*pig launcher*), lalu bergerak di dalam pipa dengan bantuan dorongan tekanan fluida dari belakang *pig*, dan selanjunya akan mencapai ujung lain dari pipa tersebut (*pig catcher*). Selama pig ini bergerak di dalam pipa, maka gerakan pig tersebut akan mampu membersihkan bagian dalam pipa tersebut, sekaligus melakukan pendektsian terhadap pipa tersebut. Ada berbagai jenis *pigging*, ada *pigging* yang hanya berfungsi untuk membersihkan pipa saja, tetapi ada juga *pigging* yang berfungsi untuk melakukan deteksi sesuai kebutuhan.

2. Pembersihan Instalasi Pipa Bagian Dalam

2.1 Dasar Pemilihan Pigging

Didalam menentukan penggunaan tipe *pig*, maka terlebih dahulu harus betul-betul tahu tujuan dari *pigging*. Parameter-parameter fluida yang mengalir dalam instalasi pipa yang akan mendapat *pigging* serta kondisinya harus dipahami dengan baik seperti: **a)** jenis fluida, **b)** tekanan fluida, **c)** jenis kotoran, **d)** suhu fluida dan **e)** kondisi konstruksi. Dari beberapa parameter tersebut baru kita dapat memastikan pig tipe mana yang paling cocok untuk pembersihan dalam sistem pipa penyulur tersebut.

Jenis fluida. Jenis fluida yang disalurkan di dalam sistem perpipaan dapat berupa cairan (air, minyak tanah, minyak hasil produksi *refinery*, minyak berat/ residu, dll) dan gas (gas alam, udara, gas produksi).

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Jenis kotoran. Jenis kotoran dalam pipa ini juga sangat tergantung media operasi seperti yang tersebut diatas.

Tabel 1. Jenis kotoran dalam sistem perpipaan

Media Kerja	Bentuk Kotoran	Tipe Pig
Air	Scale, lumpur	Scraper
Crude oil	Scale, partikel, lumpur	Scraper, wear compensating
Minyak produk ringan	Partikel halus	Brushes, batching
Gas alam	Partikel, kondensat	Brushes, batching
LNG, LPG	Partikel halus	Brushes, batching

Untuk *pigging* pada konstruksi pipa yang masih baru artinya belum dialiri fluida kerja maka pelaksanaan *pigging* dilakukan secara bertahap. **Tahap pertama** menggunakan *pig* pembersih yang relatif lunak dengan maksud *pigging* tersebut dapat membersihkan kotoran dalam pipa yang terjadi selama proses fabrikasi berlangsung seperti:

- a. Terak las dalam pipa
- b. Benda-benda padat yang mungkin tertinggal didalam pipa tersebut
- c. Benda lunak seperti kain lab yang tertinggal didalam pipa tersebut.

Tahap kedua dilakukan dengan tipe *wear compensating brushes* dimana fungsi *pig* ini disamping untuk membersihkan habis sisa-sisa kotoran oleh *pig* yang terdahulu, juga dapat mengikis kerak-kerak yang lunak sehingga sewaktu pipa beroperasi dinding pipa cukup bersih. **Tahap ketiga** biasanya dilakukan setelah pelaksanaan pengetesan tekanan selesai.

Tahapan *pigging* yang dimaksudkan untuk membersihkan air bekas pengetesan agar tidak terjadi kontaminasi antara lain dengan fluida kerja. Pada *pigging* tersebut dapat menggunakan tipe *pig* yang lunak namun cukup tahan terhadap kebocoran maupun fluida pengetesan. Pada pemilihan tipe *pig* ini sering orang menggunakan *batching displacement pig*.

Tekanan fluida. Didalam penyesuaian tekanan untuk pendorong *pig* seyogyanya didasarkan pada rekomendasi kecepatan dari *pig* agar effisiensi *pig* dapat dicapai secara optimal. Untuk hal ini kadang-kadang kondisi tekanan sewaktu *pigging* diturunkan.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Suhu. Suhu fluida di lapangan memang kadang-kadang tidak selalu sama terutama pada fluida proses sehingga pada prinsipnya suhu fluida sangat terkait dengan material dari *pig*.

Oleh karena itu didalam pengadaan *pig* seyogyanya disamping spesifikasi fungsi, dimensi dan temperatur perlu dipertimbangkan operasi dari fluidanya. Dengan perkembangan didalam teknologi industri permifyakan orang selalu berpikir tentang efisiensi baik waktu, tenaga dan biaya. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka orang sering menggunakan teknologi pigging untuk membersihkan bagian dalam instalasi pipa penyalur. Proses *pigging* dilaksanakan dengan memasukkan *pig* tersebut kedalam pipa melalui *pig launcher* dengan maksud:

- a. Meningkatkan efisiensi aliran dalam pipa
- b. Sebagai alat pemisah antara fluida
- c. Membersihkan bagian dalam pipa penyalur
- d. Mengeluarkan kondensat dalam pipa
- e. Mendeteksi kondisi pipa penyalur dari sebelah dalam

2.2 Tipe Pig

Tipe *pig* untuk keperluan industri cukup beraneka ragam, baik ditinjau dari konstruksi, jenis kotoran dan jenis fluida. Beberapa dari berbagai keperluan industri tersebut banyak pabrik pembuat *pig* mengikuti perkembangan teknologi yang dibutuhkan oleh konsumen di lapangan, sehingga banyak tipe-tipe *pig* yang diproduksi. Berbagai tipe produksi *pig* dapat disebutkan seperti berikut [3][7]:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| a. Tipe Foam pig | d. Tipe Ball Pig |
| b. Tipe Bidirectional Pig | e. Tipe Scraper Pig |
| c. Tipe Brush Pig | f. Tipe Intelligent Pig |

a. Pig Tipe Foam

Foam pig berfungsi sebagai pembersih awal pada konstruksi yang baru selesai dikerjakan dengan tujuan uji coba untuk melihat kemulusan kondisi instalasi pipa bagian dalam. *Foam pig* termasuk *pig* yang lunak sehingga apabila didalam instalasi terjadi hambatan dan diberikan tekanan tambahan *pig* akan robek selanjutnya hancur. *Pig* ini umumnya dibuat dari foam sesuai dengan namanya dan berbentuk silinder dan bagian depan dibuat tirus untuk memudahkan peluncuran dan terlepas dari kemacetan.



Gambar 1. Foam Pig

b. Pig Tipe Bidirectional

Pig tipe ini dilengkapi dengan dua buah lempengan yang dibuat dari bahan polyethelene dengan cap pada kedua ujung *pig* serta beberapa buah sikat baja yang dikaitkan pada

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

tengah body pig. Jenis pig ini biasanya digunakan setelah pig logam diluncurkan dan tidak mengalami hambatan (kemacetan). Pig ini berfungsi untuk membersihkan kotoran-kotoran lunak, kerak-kerak akibat gesekan atau kerak korosi dari dinding bagian dalam pipa penyalur.



Gambar 2. Bidirectional Pig

c. Pig Tipe Inflatable Unisphere

Pig ini berfungsi untuk membersihkan kotoran-kotoran halus, air kondensat atau keperluan yang serupa. Bahan pig dibuat dari material lunak seperti polyethelene atau bahan lain yang sesuai. Konstruksi pig tidak memakai pelipit dan dibalut dengan cairan oleh karena bentuknya maka lebih cocok digunakan pada konstruksi pipa yang berkelok-kelok pada belokan-belokan yang radiusnya relatif kecil.



Gambar 3. Unisphere pig

d. Pig Tipe Scraper

Pig jenis ini berfungsi untuk mengikis kotoran agak keras pada dinding bagian dalam namun setelah dilakukan *pigging* dengan *foam pig*, *brushes pig* atau tipe lain yang secara meyakinkan telah tidak terjadi kemacetan. Kepala dan ujung akhir atau kadang-kadang ditengah pig ini dipasang seal perapat dari bahan yang elastik tapi cukup kuat menahan tekanan dan gesekan. Perlengkapan lain seperti roda gigi terdapat di sekeliling badan pig dengan tumpuan pegas sehingga saat meluncur roda ini dapat menyesuaikan terhadap perubahan-perubahan diameter pipa. Disamping roda gigi juga pada badan pig dilengkapi dengan pisau-pisau pengikis pada arah melingkar dan membentuk spiral sehingga dimaksudkan sewaktu pig meluncur sambil berputar mengikis kerak-kerak sekeliling pipa.



Gambar 4. Scraper Pig

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

e. Pig Tipe Brushes

Pig tipe ini banyak digunakan untuk pembersih pipa minyak yang telah beroperasi sebagai pembersih kotoran-kotoran lunak, kerak korosi atau partikel-partikel halus. Dengan bentuk kepala yang tirus akan mudah lepas dari kemacetan dan lebih cocok untuk *pigging* berkala sehingga kotoran tidak sempat mengeras. Karena di ujung kepala ada moncong elip yang berlubang sehingga sewaktu pig meluncur terjadi aliran turbulensi yang dapat mengakumulasi kotoran berada di depan pig dan dapat terbawa keluar.



Gambar 5. Brushes Pig

f. Pig Inteligent

Dilihat dari namanya fungsi ini pig tipe ini berfungsi untuk melacak data yang ada pada seluruh dinding pipa yang mengalami *pigging* seperti:

- a. Tingkat laju korosi
- b. Ketebalan sisa dinding pipa
- c. Lekukan-lekukan dinding pipa dan lain-lain.

Oleh karena pelaksanaan *pigging* dengan tipe ini cukup sulit dengan persiapan yang kompleks serta memerlukan biaya sangat mahal maka sebelum peluncuran pig ini, persiapannya harus matang dan teliti. Karena tujuan pig ini bukan untuk sekedar membersihkan dinding pipa namun untuk merecord data dari kondisi aktual dinding pipa sehingga dari sini dapat ditentukan langkah pemeliharaan yang harus dilakukan, maka data hasil betul-betul dapat dipertanggungjawabkan. Bodi pig dilengkapi peralatan untuk memudahkan peluncuran dan beberapa instrument / sensor sebagai pencatat seperti:

- Waktu
- Jarak
- Ketebalan dinding pipa
- Dan lain-lain

Peluncuran ini secara berurutan akan dilakukan secara bertahap seperti :

- Pig penjelajah
- Pig pembersih
- Pig dummy
- Pig inteligent

Dummy pig adalah pembanding untuk diluncurkan karena pig ini mempunyai dimensi dan konstruksi sama dengan *pig inteligent* hanya pig ini tidak dilengkapi sensor ultrasonik. Jika dummy berjalan lancar tanpa hambatan maka baru intelligent pig dapat diluncurkan. Pabrik

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

pembuat pig ini baru beberapa negara karena biaya cukup mahal disertai jasa pengguna relatif sedikit. Pig tipe yang sering di Indonesia antara lain [2]:

- Vitcolog dan pipetronic (USA)
- Britis gas (Inggris)
- TDW Williamson (USA)

3. Prosedur Pada Pigging

3.1 Umum

Pigging diistilahkan oleh banyak orang dengan penikusan, karena diambil dari prinsip kerja seperti larinya tikus. Pigging berfungsi untuk membersihkan dinding pipa bagian dalam dari: kotoran (*scale*), genangan cairan (kondensat), benda-benda lain yang tidak diharapkan. Sasaran pigging adalah untuk menjaga agar aliran fluida di dalam pipa tidak terganggu seperti [6]:

- a. Peningkatan tekanan
- b. Pencemaran mutu fluida
- c. Penurunan kapasitas
- d. Peningkatan kapasitas
- e. Peningkatan gesekan
- f. Peningkatan kebisingan dan lain-lain.

Filosofi pigging adalah meningkatkan efisiensi dari saluran pipa. Pigging dilakukan agar dapat memelihara *pipeline* efisien, bila terjadi penurunan efisiensi pipa, laju alir akan menurun dalam pipa saluran, oleh karenanya sangat sulit saluran pipa mempunyai 100% efisiensi.

Kerugian gesekan dan faktor fisis yang lain akan mengganggu aliran seperti [1]:

- a. Dalam natural fluida sendiri
- b. Pada kompresor
- c. Fluida gas dengan cairan
- d. Fluida liquid dengan debu dan lain-lain

Oleh karena gas bumi atau minyak crude turunan komposisi relatif banyak maka sebagian dari komposisi tersebut cenderung akan menempel pada dinding pipa bagian dalam seperti pasir, paraffin, atau cairan akan tercecer dalam gas line sehingga menimbulkan problem dalam pipa transportasi. Dalam semua hal yang timbul, kontaminasi yang muncul meningkatkan hambatan terhadap aliran dan akan menurunkan efisiensi pipa saluran yang efek dari hal tersebut akan meningkatkan pemeliharaan transmisi line.

Tes aliran atau efisiensi dapat dilakukan dari pompa dan dapat digunakan untuk menentukan apakah line perlu mendapat *pigging* untuk membersihkan / mengikis kotoran yang menempel pada dinding pipa bagian dalam. Pertimbangan operasi terletak pada daerah efisiensi yang optimum dan dapat diilustrasikan sebagai berikut:

Misalnya kenaikan 1% dalam efisiensi natural gas dalam pipa yang mentransport 100 juta standar ft³ perhari akan dapat meningkatkan laju aliran 1 juta standar ft³ gas perhari. Untuk kenaikan 3% dari efisiensi pipa saluran minyak yang mentransport 50.000 barrel perhari akan dapat meningkatkan laju aliran 1500 barrel minyak per hari. Berdasar pada data ini maka sangat

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

besar manfaatnya suatu instalasi pipa penyalur untuk ditingkatkan nilai efisiensi dengan cara membersihkan dengan *pigging*.

3.2 Alat Kelengkapan Konstruksi Pigging

a. Pig launcher

Untuk mendesain konstruksi pig tiap *launcher* maupun *receiver* perlu beberapa pertimbangan antara lain:

- i. Penggunaan tipe valve
- ii. Spesifikasi dimensi dari konstruksi
- iii. Tempat penampungan limbah pigging
- iv. Ketersediaan alat angkat dan angkut
- v. Penggunaan peralatan yang sesuai spesifikasinya
- vi. Mengurangi pencemaran lingkungan

Dari pemenuhan persyaratan di atas bertujuan untuk memperlancar pelaksanaan *pigging* sekaligus meningkatkan efisiensi aliran dalam pipa penyalur. Kelengkapan peralatan pada *pig launcher* [3]:

- i. Manometer indicator tekanan
- ii. Scraper barried tee
- iii. Pig
- iv. Main line trap valve pig out let
- v. Blow down valve
- vi. Main line by pass valve
- vii. Indicator pig out let (pig sig)
- viii. Drain valve
- ix. Vent valve
- x. Tray unit
- xi. Jib crane dan hoist
- xii. Skiet
- xiii. Trap launcher
- xiv. Closure
- xv. Drip Pan

Untuk melakukan *pigging* pada instalasi pipa yang jaraknya jauh (panjang) maka sering energi pendorong pig tidak cukup, oleh karena itu untuk mengatasi problem tersebut, peluncuran pig dapat dilakukan secara bertahap. Kemampuan energi pendorong pig yang semakin melemah akibat kerugian (*losses*) disepanjang jalur pipa, maka fluida pendorong dapat dinaikkan tekanannya dengan kompresor atau pompa. Panjang jalur yang sering dilakukan untuk *pigging* kurang lebih 30 km, dengan maksud disamping untuk meningkatkan nilai ekonomis juga memudahkan kontrol saat penikusan serta kondisi pig selama diluncurkan.

b. Pig receiver

Didalam design konstruksi *pig receiver* diperlukan pengalaman di bidang pigging sehingga memahami betul tentang kekurangan dan kelebihan dalam pelaksanaan pigging dilapangan.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Contoh salah satu kelengkapan konstruksi *pig receiver* dan alat kelengkapannya seperti berikut [3]:

- i. Manometer indicator tekanan
- ii. Scraper barried tee
- iii. Pig
- iv. Main line trap valve in let
- v. Blow down valve
- vi. Main line bay-pass valve
- vii. Indicator pig in let (pig-sig)
- viii. Drain valve
- ix. Vent valve
- x. Tray unit
- xi. Jig crane dan hoist
- xii. Skict
- xiii. Trap receiver
- xiv. Closure
- xv. Drip pan

4. Teknik Pigging/Instalasi Pipa Migas

Beberapa alasan mengapa pigging dilakukan adalah [4]:

- a. Memisahkan antar fluida muka
- b. Menghilangkan hambatan
- c. Pemeliharaan perpipaan
- d. Pemantauan perpipaan

Pigging pada perpipaan dapat dilakukan pada saat:

- a. Konstruksi & commissioning
- b. Operasi & pemeliharaan
- c. Inspeksi

4.1 Konstruksi & Commisioning

Selama konstruksi sisa-sisa material seperti kawat las, kerak las, tanah dan lain-lain dapat masuk kedalam perpipaan. Sisa-sisa material tersebut harus dibersihkan agar tidak mengganggu jalannya produksi. Pembersihan ini dapat dilakukan dengan suatu pig yang sederhana. Pembersihan perpipaan pada umumnya dilakukan secara bertahap satu bagian demi bagian.

Pembersihan Pasca Konstruksi

Setelah perpipaan selesai dibangun / diinstal, pembersihan dengan pig yang sesuai dilakukan kembali setelah pembersihan pada saat konstruksi. Selain untuk sisa-sisa material juga untuk menghilangkan kerak dan produk korosi pada permukaan dalam perpipaan yang terbentuk selama penyimpanan, handling, transportasi dan konstruksi.

Pengujian untuk penerimaan

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Setelah kontraktor menyelesaikan instalasi perpipaan, maka harus dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah perpipaan sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Prosedur pengujian yang dilakukan terdiri dari 2 yaitu *gauging* untuk memeriksa diameter perpipaan dan uji hidrostatis untuk mengetahui integritas perpipaan. *Gauging* atau biasa disebut *intelligent pig* dapat mengetahui perubahan diameter pipa disepanjang perpipaan. Sedangkan pig untuk uji tekan digunakan untuk menjamin bahwa udara yang ada didalam perpipaan hilang dan air yang mendorong pig dapat digunakan sebagai media untuk uji hidrostatis.

Commisioning

Fungsi utama dari *commisioning* adalah mempersiapkan sistem perpipaan menghadapi media operasi. Setelah uji hidrostatistik selesai, air harus dikeluarkan dan pipa harus dikeringkan. Untuk perpipaan minyak dapat dilakukan dengan mengisi oli dibelakang *short pig train* untuk menggantikan sisa-sisa air yang ada. Sedangkan untuk perpipaan gas menggunakan nitrogen yang berada diantara produk dan sisa-sisa air. Sisa-sisa air pada perpipaan gas harus dihilangkan karena air pada temperatur dan tekanan operasi gas dapat membeku sehingga akan menyulitkan pengoperasian. Disamping itu jika gas mengandung kontaminan CO₂, H₂S, Cl maka kombinasi dengan air akan menyebabkan fluida yang korosif.

4.2 Operasi dan Pemeliharaan

4.2.1 Pemisah Produk

Suatu perpipaan sering digunakan untuk aliran lebih dari satu media, hal ini dilakukan karena investasi untuk membangun perpipaan sangat mahal. Untuk mengganti media dapat dilakukan dengan menggunakan pig dan media antara untuk meminimalkan percampuran antar muka.

4.2.2 Pemeliharaan Perpipaan

Selama operasi dinding pipa bagian dalam mungkin akan terkorosi atau akan timbul kerak yang menempel pada dinding pipa, tergantung dari media apa yang kita tangani. Hal ini dapat menyebabkan produk terkontaminasi atau jika kerak terjadi maka terjadi penurunan kapasitas produksi. Untuk mencegah terjadinya korosi dan kerak maka disamping melakukan pigging secara periodik maka disarankan untuk menggunakan inhibitor. Pig yang efektif untuk pembersihan perpipaan adalah *brush pigs*.

Kebutuhan untuk selalu mengetahui kondisi perpipaan bagian dalam secara periodik akan terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh adanya suatu usaha untuk meningkatkan umur pakai perpipaan karena investasi perpipaan baru sangat mahal. Selain itu untuk memantau sistem pencegahan korosi apakah berfungsi dengan baik. Inspeksi perpipaan dari bagian dalam menggunakan *intelligent pig* yang didesain untuk mendeteksi pengurangan tebal, retak dan cacat-cacat lain. *Intelligent pig* yang umum digunakan adalah menggunakan induksi fluks magnit kedalam pipa baja, mendeteksi dan merekam ketidaksempurnaan.

4.2.3 Cleaning Pig

Perbedaan utama antara *cleaning pig* dan *swabbing* adalah *cleaning pig* diberi tambahan elemen pembersihan biasanya sikat. Sikat kawat dipasang sedemikian rupa sehingga pipa yang dilewati dapat terkena sikat semua. Sikat dipasang bersama-sama pegas untuk mengkompensasi gesekan.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Ada lima alasan utama melakukan pig konvensional:

- a. Mendapatkan kapasitas sesuai desain
- b. Mengurangi biaya energi persatuan produk yang disalurkan.
- c. Mengurangi erosi, terutama untuk peralatan berputar.
- d. Mengurangi kontaminasi produk
- e. Mengurangi korosi.

4.3 Pig untuk mengukur diameter/geometri

4.3.1 Mekanikal/fisikal

Gauging Pig. Gauging pig merupakan bentuk dasar pig intelligent. Pig ini biasanya dilaksanakan sebelum commissioning dan sering merupakan bagian dari kontrak yang harus dilakukan. Konstruksinya sederhana biasanya mempunyai body dengan dua *driving cups* dan suatu *gauging flange* pada sisi depannya. *Gauging flange* mempunyai diameter 95 atau 97,5 % dari diameter dalam nominal pipa. *Gauging flange* banyak menggunakan aluminium lunak untuk mencegah kerusakan pada perpipaan. Jika gauging flange tidak mengalami kerusakan setelah pig dikeluarkan maka line tidak mengalami penyimpangan.

Smart Pig. Smart pig mirip dengan *conventional four cup swabbing pig*. Diantara dua pasang cup terpasang 3 lengan, 2 tetap dan 1 tidak tetap. Pada lengan yang tidak tetap terpasang paket instrument yang terdiri dari pita perekam dan dua stylus. Setiap stylus mempunyai fungsi yang berbeda. Pertama dihubungkan ke lengan utama dan merekam perubahan diameter, sementara yang kedua dihubungkan ke lengan tambahan yang memberikan suatu gerakan tambahan untuk merekam lasan. Pengukuran panjang pipa dilakukan oleh lengan utama. Pita perekam digerakkan secara mekanis oleh gigi pada ujung dari lengan utama.

Differential Pressure Pig. Pig ini didesain oleh TD Williamson Inc. pada tahun 1960. Digunakan untuk mengetahui lokasi pipa yang mengalami pengurangan diameter atau hambatan-hambatan yang ada dengan cara merekam perbedaan tekanan pada pig. Setiap hambatan pada saluran akan menghasilkan suatu peningkatan perbedaan tekanan. Peningkatan ini dihubungkan dengan besarnya hambatan yang terjadi.

4.3.2 Elektromekanikal

Kaliper Survey. Pengembangan dari differential pressure pig adalah caliper pig. Sistem *odometer wheel* yang telah digunakan diadopsi untuk mengukur lokasi yang mengalami pengurangan diameter secara akurat dengan menggunakan sistem kaliper.

Lump Pig. Prinsipnya hamper mirip dengan *caliper pig*. *Lump pig* mempunyai kumpulan jari-jari yang diproyeksikan pada periphery sealing cup. Serupa dengan *smart pig*, *lump pig* mengukur pembesaran diameter dan merekam lokasinya.

Roof Effect Detector. Roof effect detector scraper didesain untuk mendeteksi out of roundness dari *longitudinal weld* yang disebabkan oleh penggerolan yang tidak benar. Pig ini mempunyai

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

detector yang membentuk sudut dengan pipa. Detektor ini berputar sebagai scraper. Detektor dipasang pada plunyer kemudian dihubungkan dengan coil. Gerakan plunyer akan memberikan variasi output listrik dari coil yang akan direkam pada pita. Pengurangan diameter maksimum yang diijinkan 8%. Minimum bend radius 10 D. Tekanan kerja maksimum yang diijinkan 50 bar dengan kecepatan maksimum 1 m/s.

4.3.3 Elektro

Bore Surveyor. Jari-jari terpasang pada badan pig. Jika terdeteksi akan menyebabkan floating disc menggerakan suatu variable sinyal sebanding dengan besarnya defleksi. Pig ini tidak memberikan rekaman secara kontinyu tetapi memberikan rekaman diameter minimum terhadap suatu jarak yang telah diatur. Hanya digunakan untuk perpipaan yang menangani cairan. Data yang didapatkan berupa pengurangan diameter dan lokasinya. Kecepatan maksimum 3m/s, tekanan maksimum 80 bar dan radius bend 5 D.

HRE Caliper. Pengukuran geometri yang lebih canggih dikembangkan oleh H. Rosen Engineering. Alat ini dilengkapi oleh sistem roda gigi odometer untuk pengukuran jarak. Peralatan ini juga dilengkapi dengan peralatan elektronik dan sistem braking untuk mengatur kecepatan. Signal ditransferkan ke mikrokomputer dan data disimpan dengan menggunakan teknologi CMOS.

Tekanan operasi maksimum 200 bar, keakuratan lokasi 0,5 m, range 200 km dan temperatur operasi -20°C s/d 65°C.

4.4. Pengukuran dan deteksi korosi

4.4.1 Mekanikal dan fisikal

Differential pressure/temperature pig. Efek-efek dari temperatur dan tekanan pada line gas terutama dari titik dimana aliran gas masuk ke perpipaan akan merupakan problem utama. Akibat kompresi akan meningkatkan temperatur gas dan kemudian menjadi dingin membentuk kondensat pada perpipaan. Hal ini akan menyebabkan timbulnya masalah korosi. Pig ini didesain untuk merekam tekanan dan temperature gas yang akan berubah akibat operasi.

Magnetik. British gas mengembangkan teknologi ini dimana medan elektromagnetik diindukasikan kedalam dinding pipa melalui coil. Hilangnya logam (internal atau eksternal) akam menyebabkan flux magnit yang keluar dari pipa berubah. Hal ini akan merubah tegangan yang diindukasikan ke coil. Perubahan ini direkam dan dianalisis.

Linalog. Deteksi perubahan medan magnet akibat korosi dikembangkan oleh AMF Tuboscope.

Vetcolog. Secara umum peralatan ini sama dengan linalog tetapi dilengkapi dengan magnit permanen yang menginduksikan magnit ke dinding pipa.

IPEL. Internasional Pipeline Engineering Ltd mengembangkan peralatan ini yang mampu mendeteksi *internal corrosion* dan deformasi yang didasarkan pada kebocoran fluks magnet.

4.4.2 Ultrasonic

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Metoda ultrasonic banyak digunakan untuk memeriksa material. Problem utamanya tidak hanya menjaga probe tetap kontak dekat dengan dinding pipa pada seluruh kondisi tetapi juga echo palsu yang timbul dari pipa sirkular.

4.4.3 Electronic

RTD caliper plus. Peralatan ini biasanya terdiri 3 bagian yaitu battery pada sisi depan, sensor module pada tengah dan processing unit pada sisi belakang. Sensor terdiri dari kumpulan baja berbentuk jari-jari dimana setiap jari-jari ini akan mendeteksi lokasi korosi sumuran, menghitung dan merekam setiap satuan panjang.

4.5 Deteksi Retak

Magnetik: *Pipetronix (goedecke).* Magnit akan terganggu jika flux magnit terpotong. Untuk retak horizontal, magnit akan menginduksikan garis fluks kedalam pipa pada suatu sudut. Hal ini membutuhkan suatu sensor yang berputar sepanjang perpipaan.

Ultrasonic. Deteksi retak dengan metoda ultrasonik terbukti sukses.

4.6 Deteksi Bocoran

4.6.1 Mekanikal / fisikal

Pressure decay. *Pressure decay* merupakan basis pendekatan dari deteksi bocoran yang mempunyai prinsip mengukur *pressure decay* pada sisi satu dan sisi lainnya. Dengan menggerakkan pig ke posisi yang berbeda, posisi relatif dari penurunan tekanan akan menentukan lokasi kebocoran.

Flow measurement. Teknik pengukuran aliran yang sangat sensitif dikembangkan berdasarkan pada kondisi statik (tidak ada aliran) dan bekerja dengan prinsip merekam laju dan arah aliran melalui pig. Posisi kebocoran dapat diketahui dengan mengukur variasi derajat aliran pada pion yang berbeda.

4.6.2 Ultrasonic

Maihak (shell). Fluida bertekanan yang keluar dari orifis kecil akan mengemisikan gelombang suara. Frekuensi gelombang ini tergantung dari faktor yang berhubungan dengan perpipaan seperti ukuran dan bentuk orifis, tekanan, kekentalan fluida, tipe backfill dan tebal dinding pipa.

Esso. Prinsip yang dikembangkan oleh Esso mirip dengan Maihak (*shell*) bedanya hanya printout yang diproduksi dapat kontinu untuk format yang berbeda.

4.6.3 Radioactive

Fluida yang mengandung *radioactive tracer* diinjeksikan kedalam aliran dan kemudian dipompakan. Jika ada bocoran, maka persentase kecil dari radioaktif akan keluar. Setelah itu pig yang mempunyai *chart recorder* dan *radioactive sensor* dimasukkan kedalam pipa. Jika sensor radioaktif mendeteksi adanya radioaktif yang berlebih maka daerah itu terdapat bocoran.

4.7 Curvature Monitoring

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Curvature monitoring dibutuhkan untuk mendekripsi perubahan posisi dari pipa. Hal ini diperlukan untuk mengetahui perubahan pipa khususnya di dalam laut, pada daerah yang sering dilanda gempa bumi, area pertambangan dan lain-lain. *Curvature monitoring* ini dapat dilakukan dengan cara *laser* atau *gyroscopic*.

4.8 Bend Measurement

Gauging pig dengan suatu piringan yang didesain untuk menyentuh bagian dalam dari busur yang dibentuk oleh *bend*.

4.9 Cathodic Protection Monitoring

Pig dimasukkan kedalam pipa dan melakukan pengukuran sistem perlindungan katodis *impressed current*.

5. Kesimpulan

Proses *pigging* pada sistem perpipaan (pipeline system) pada industri minyak & gas mutlak diperlukan karena:

- a. Proses *pigging* dapat memberi efek perawatan terhadap pipeline sehingga umur pipeline bertambah,
- b. Proses *pigging* dapat mengamati / mendekripsi adanya gangguan di dalam pipa seperti korosi, retak, kebocoran dan perubahan bentuk dan dimensi pipa sehingga dapat diambil tindakan perbaikan,
- c. Pemilihan tipe alat *pigging* yang akan digunakan tergantung pada parameter seperti: jenis fluida, tekanan fluida, jenis kotoran yang timbul, suhu fluida dan kondisi konstruksi sistem *pipeline*.

Daftar Pustaka

- [1] Channon Company, D. R., *The Art of Pigging*, Pasific Highway South, des Moines, USA, 2008.
- [2] Kershaw, R., *Innovative Pigging Solutions for Pipelines*, Pipeline & Gas Journal / pipelineandgasjournalonline.com, Chesterfield, UK, 2008.
- [3] Malau, V., *Pipeline Pigging & Inspection Technology*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2008.
- [4] Stoltze, B., *A New Pipeline Cleaning Technology: Hydraulic Activated Power Pigging (HAPP)*, HAPP Technology, Ltd., 2008.
- [5] Tiratsoo, J., and Lowe, B. J., *Pipeline Pigging and Integrity Technology*, Scientific Surveys Ltd, 3rd Edition, PO Box 21, Beaconsfield, Bucks HP9 1NS, UK., 2003.
- [6] www.girardind.com: *Efficient Pigging of Gathering Lines Energy Management Workshop for Upstream and Midstream Operations*, 2007
- [7] *Fundamental Principal of Pigging Technology*, 2007.