

PROSES SEMISOLID FORMING

Eko Surojo¹, Agus Suprihanto

Abstract

This paper presents a semisolid forming process as a new process that can replace conventional casting and forming process. Semisolid forming process is metal processing in semisolid state. There are several advantages of this process. The important of these is non-turbulent filling of the die. Non-turbulent die fill in the process can eliminate air entrapment encountered in the conventional die casting. The semisolid forming process also offers the near net shape capabilities of die casting and produces parts with less shrinkage porosity and macrosegregation. The limitation of semisolid forming process is this process requires globular (non-dendritic) structure alloys for raw material process.

Keywords : Semisolid forming process, globular structure

PENDAHULUAN

Proses *semisolid forming* merupakan proses pengerjaan logam yang menggabungkan proses pengecoran dan pembentukan. Di dalam proses *semisolid forming*, bahan baku yang diproses berada dalam keadaan campuran fasa cair dan padat (*semisolid* atau *semiliquid*), dan metoda pengerjaannya menggunakan metoda pengecoran atau pembentukan. Dengan cara tersebut diharapkan proses *semisolid forming* dapat menggabungkan kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh proses pengecoran dan pembentukan konvensional. Kelebihan proses *semisolid forming* antara lain adalah dapat dicapai kompleksitas bentuk produk dan kecepatan produksi yang relatif tinggi seperti halnya proses *die casting*, cacat porositas dan segregasi makro yang relatif rendah sehingga kekuatan dan keuletannya relatif tinggi.

Kondisi semisolid bahan baku pada proses semisolid forming diperoleh dengan cara memanaskannya di atas temperatur solidus. Bahan baku yang digunakan untuk proses semisolid forming adalah logam yang mempunyai struktur globular (non-dendritik) atau logam berstruktur dendritik yang telah mengalami pengerjaan dingin. Pada saat dipanaskan di atas temperatur solidus, bahan baku terdiri atas fasa padat berbentuk globular (spheroidal) dan fasa cair yang berada di antara fasa padat. Dengan bentuk seperti itu memudahkan terjadinya aliran logam ke rongga cetakan pada saat proses pengerjaan.

Proses *semisolid forming*, seperti yang telah disinggung di atas, melibatkan beberapa aspek diantaranya adalah bahan baku yang diperlukan, temperatur dan tahapan proses, serta metoda pengerjaannya. Secara ringkas, aspek-aspek tersebut akan dijelaskan pada tulisan ini.

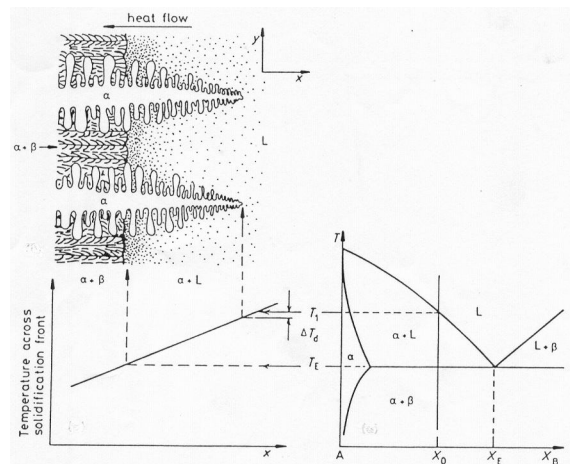
PEMBEKUAN PADA LOGAM PADUAN

Jika logam paduan berada dalam keadaan cair dan kemudian didinginkan di bawah temperatur *liquidus* maka akan terjadi pembekuan (gambar 1, komposisi X_0). Di dalam daerah antara temperatur *liquidus* dan *solidus*, logam paduan berada dalam keadaan campuran fasa cair dan padat. Logam yang

berfasa padat berbentuk dendrit, dan logam yang berfasa cair berada di antara dendrit atau lengan dendrit. Selanjutnya, fasa cair bertransformasi menjadi fasa eutektik ketika pendinginan mencapai temperatur *solidus* atau eutektik.

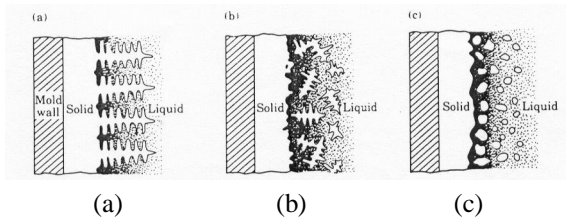
Secara umum, struktur dendrit ini merupakan ciri produk proses pengecoran logam. Struktur dendrit hasil proses pengecoran logam dapat dibedakan dalam dua bentuk yakni dendrit kolumnar dan dendrit ekiaksial (gambar 2a dan gambar 2b). Meskipun begitu, proses pengecoran logam dapat juga menghasilkan struktur non-dendritik yang berbentuk ekiaksial atau globular (gambar 2c). Proses pengecoran tersebut dikenal dengan istilah *rheocasting*.

Proses pembekuan yang diperlihatkan pada gambar 1 dan 2.c juga dapat untuk menggambarkan kondisi jika logam berstruktur globular dari fasa padat dan kemudian dipanaskan di atas temperatur *solidus* (dan di bawah *liquidus*). Kondisi yang terbentuk adalah pada saat temperatur pemanasan mencapai temperatur *liquidus* maka akan mulai terjadi pencairan fasa eutektik (yang bertitik cair rendah) di batas butir. Sehingga akan terbentuk fasa padat berbentuk globular (gambar 2.c) dan fasa cair di batas butir.



Gambar 1. Proses pembekuan pada logam paduan.^[1]

1. Eko Surojo adalah Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Solo



Gambar 2. Struktur hasil proses pengecoran logam :
 (a) dendrit kolumnar, (b) dendrit ekiaksial,
 (c) non-dendritik ekiaksial.^[2]

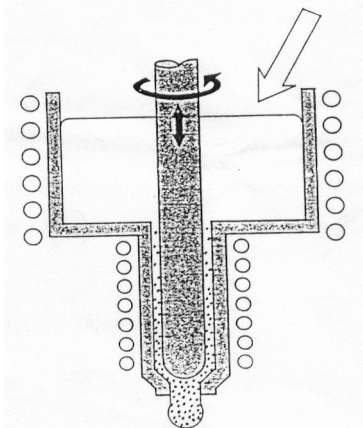
PROSES SEMISOLID FORMING

Tahap pertama proses *semisolid forming* adalah penyiapan bahan baku. Bahan baku yang digunakan untuk proses *semisolid forming* merupakan paduan yang mempunyai struktur globular. Selanjutnya di dalam proses *semisolid forming* terdapat beberapa alternatif tahapan untuk memproses bahan baku menjadi sebuah produk.

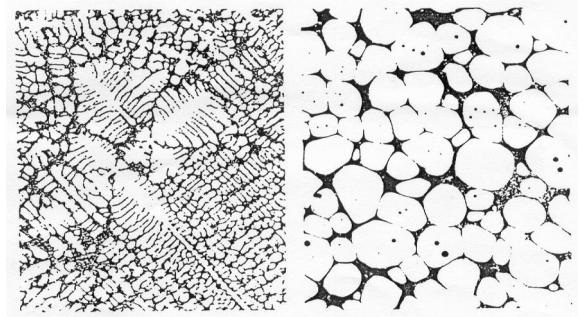
A. Metoda untuk memperoleh logam berstruktur globular

Dendrit yang terbentuk pada awal pembekuan, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, tidak terlalu kuat dan dapat patah bila diberi agitasi seperti misalnya pengadukan. Selanjutnya, akibat proses pengadukan, patahan dendrit tersebut berubah bentuk menjadi globular. Prinsip inilah yang digunakan untuk mendapatkan logam berstruktur globular (non-dendritik) dan prosesnya dikenal dengan istilah *rheocasting*.

Proses *rheocasting* secara skematis ditunjukkan pada gambar 3. Prinsip kerja proses ini adalah melakukan pengadukan logam cair yang sedang dalam proses pendinginan atau pembekuan. Proses pengadukan terjadi pada daerah yang jauh dari permukaan logam cair. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjebakny udara di dalam logam. Metoda pengadukan selain dilakukan dengan cara mekanik, dapat juga dengan cara elektromagnetik (*magnetohydrodynamic/MHD*). Perbedaan struktur dendritik dan globular diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 3. Skema proses pengecoran (*rheocasting*) untuk memperoleh struktur globular.^[3]



(a) (b)

Gambar 4. Struktur dendritik dan globular :
 (a) dendritik, hasil proses pengecoran konvensional, (b) globular, hasil proses *rheocasting*. Material Al-7Si-0,5Mg. (100x).^[4]

Metoda yang ditulis di atas, proses pembuatan struktur globular diawali dari logam yang berada dalam keadaan cair atau dilakukan melalui proses pengecoran. Struktur globular dapat juga diperoleh dari fasa padat berstruktur dendritik. Caranya adalah dengan mendeformasi plastis logam yang berstruktur dendritik pada temperatur kamar dan kemudian memanaskannya di antara temperatur *solidus* dan *liquidus*. Metoda ini digunakan untuk bahan baku yang relatif kecil ukuran diameternya.

B. Tahapan dan metoda pengerjaan proses semisolid forming

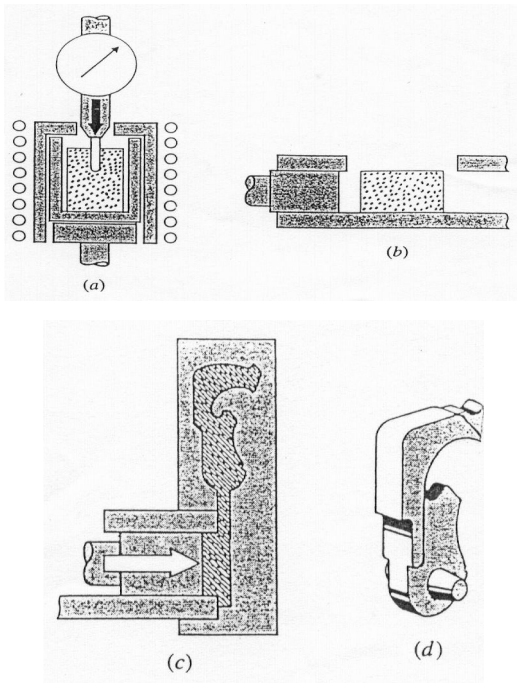
Terdapat beberapa alternatif tahapan proses yakni :

- (i) Diawali dengan pembuatan *continuous bar* yang dihasilkan dengan proses MHD. *Continuous bar* kemudian dipotong sehingga diperoleh bilet berukuran kecil yang disesuaikan dengan ukuran produk. Bilet tersebut selanjutnya dijadikan bahan baku proses *semisolid forming*. Untuk mendapatkan kondisi *semisolid*, bilet dipanaskan di atas temperatur *solidus* dan kemudian ditekan masuk ke rongga cetakan.
- (ii) Pada tahapan (i) di atas terdapat tahap proses pemotongan *continuous bar* dan pemanasan bilet. Untuk menghilangkan kedua tahap tersebut maka dibuat alternatif tahapan proses lain yakni memasukkan hasil proses MHD, dalam kondisi *semisolid*, ke mesin *semisolid forming* dan langsung ditekan masuk ke rongga cetakan. Jadi pada alternatif ini, hasil proses MHD tidak dibekukan terlebih dahulu dalam bentuk *continuous bar*.
- (iii) Untuk produk yang berukuran relatif kecil, bilet tidak dihasilkan dengan proses MHD, tetapi dihasilkan dari proses pengerjaan dingin pada logam yang berstruktur dendritik. Logam berstruktur dendritik yang telah mengalami pengerjaan dingin dan kemudian dipanaskan di atas temperatur *solidus* akan menghasilkan kondisi *semisolid* dimana fasa padat memiliki

bentuk globular. Selanjutnya, dalam kondisi *semisolid* ini, logam ditekan masuk ke rongga cetakan.

Di atas telah dijelaskan mengenai diperlukannya pemanasan billet di atas temperatur *solidus* untuk memperoleh kondisi *semisolid*. Tingginya temperatur pemanasan ini mempengaruhi tinggi rendahnya fraksi fasa padat, dan selanjutnya mempengaruhi viskositas logam *semisolid*. Temperatur pemanasan yang terlalu rendah (fraksi fasa padat terlalu tinggi) menyebabkan logam *semisolid* akan sulit mengalir ke rongga cetakan. Sebaliknya, temperatur pemanasan yang terlalu tinggi menghasilkan viskositas logam *semisolid* yang terlalu rendah viskositasnya sehingga dapat menyebabkan terbentuknya aliran yang bersifat turbulen. Aliran logam *semisolid* yang bersifat turbulen dapat menyebabkan terbentuknya cacat porositas yang disebabkan oleh adanya udara terjebak. Oleh karena itu pada proses *semisolid forming*, seperti halnya pada proses pengecoran konvensional, aliran logam yang bersifat turbulen ini harus dihindari. Pada proses *semisolid forming*, fraksi fasa padat berkisar antara 35-40 % sampai dengan 55-60 %^[5], atau dengan fraksi padat yang lebih tinggi yakni 65 % sampai dengan 80 %^[6].

Setelah berada dalam kondisi *semisolid*, logam diproses dengan menggunakan metoda pengecoran atau pembentukan. Proses ini disebut dengan *thixocasting*, secara skematis, proses tersebut ditunjukkan oleh gambar 5. Metoda ini serupa dengan proses *die casting*. Perbedaannya, pada *die casting* bahan baku berada dalam keadaan cair.



Gambar 5. Proses *thixocasting*

- (a) pemanasan bahan baku
- (b) pemasukan bahan baku ke mesin
- (c) proses penekanan ke rongga cetakan
- (d) produk.^[3]

PERBANDINGAN ANTARA PROSES *SEMISOLID FORMING* DENGAN PROSES PENGECORAN DAN PEMBENTUKAN KONVENSIONAL

Pada proses pembentukan konvensional, bahan baku yang diproses berada dalam keadaan padat seluruhnya, sedangkan pada proses *semisolid forming* bahan baku berada dalam keadaan *semisolid*. Karena dalam kondisi *semisolid* maka kompleksitas bentuk produk yang dapat dibuat dan kecepatan produksi pada proses *semisolid forming* lebih tinggi dibandingkan dengan pembentukan konvensional. Selain itu, gaya pembentukan proses *semisolid forming* juga lebih rendah karena terdapat fasa cair pada bahan baku.

Jika dibandingkan dengan pengecoran konvensional, yang memproses bahan baku dalam keadaan cair penuh, proses *semisolid forming* memiliki keunggulan. Pada proses *semisolid forming*, bahan baku yang berada dalam kondisi *semisolid* menyebabkan viskositasnya lebih tinggi dibandingkan dengan jika berada dalam keadaan cair seluruhnya. Dengan viskositas yang relatif tinggi, aliran masuk logam *semisolid* ke rongga cetakan dapat bersifat laminar meskipun kecepatan alirannya relatif tinggi. Kondisi seperti itu dapat mengurangi cacat porositas yang disebabkan oleh udara terjebak. Aliran yang bersifat turbulen, seperti halnya yang timbul pada proses die casting, dapat menyebabkan terbentuknya cacat porositas.

Temperatur proses pada proses *semisolid forming* lebih rendah dibandingkan dengan proses pengecoran konvensional. Dengan demikian konsumsi energi yang digunakan juga lebih rendah. Selain itu, temperatur proses juga berkaitan dengan banyaknya gas hidrogen yang terlarut pada bahan baku. Pada temperatur proses yang lebih rendah menyebabkan gas hidrogen yang terlarut ke bahan baku menjadi lebih rendah sehingga dengan proses *semisolid forming* cacat porositas yang disebabkan gas hidrogen dapat dikurangi.

Cacat porositas pada pengecoran konvensional dapat juga disebabkan oleh pengerutan. Karena temperatur prosesnya lebih rendah, pengerutan pada proses *semisolid forming* lebih kecil dibandingkan dengan pengecoran konvensional sehingga cacat porositas yang disebabkan oleh pengerutan dapat dikurangi. Selain itu juga dapat menghasilkan produk yang mendekati bentuk akhir sehingga tahapan proses pemesinan relatif sedikit.

Selain berpengaruh terhadap kualitas produk, temperatur proses juga mempengaruhi umur *die*. Umur *die* akan semakin tinggi dengan semakin rendahnya temperatur proses (temperatur bahan baku). Oleh karena itu, umur *die* pada proses *semisolid forming* lebih lama dibandingkan dengan proses pengecoran konvensional.

Disamping kelebihan, dibandingkan dengan proses pembentukan dan pengecoran konvensional, proses *semisolid forming* memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan tersebut antara lain adalah

perlu proses khusus untuk memperoleh bahan baku yang mempunyai struktur globular (non-dendritik). Hal ini menyebabkan relatif tingginya harga bahan baku. Selain itu, investasi peralatan atau mesin pada proses *semisolid forming* relatif tinggi. Hal ini disebabkan oleh diperlukannya ketelitian dan otomasi di dalam pengontrolan temperatur proses (daerah temperatur proses relatif sempit), *handling* bahan baku dan proses penekanan bahan baku ke rongga cetakan.

PENERAPAN PROSES SEMISOLID FORMING

Proses *semisolid forming* dapat menggantikan proses pengecoran dan pembentukan konvensional. Salah satu contoh penerapan dari proses ini adalah untuk membuat komponen otomotif seperti *velg*, *master cylinder body*, *engine piston*, *disk brake calipers*, dan *compressor housing*.

Sebagai contoh keunggulan proses *semisolid* ini adalah pada pembuatan *master cylinder body*. yang merupakan komponen dari *master cylinder brake*. Pada awalnya, bahan yang dipakai adalah besi cor. Agar lebih ringan maka material tersebut diganti dengan aluminium melalui proses *permanent mold casting*. Pada perkembangan berikutnya, proses pembuatannya menggunakan proses *semisolid forming*. Perbandingan diantara kedua proses tersebut ditunjukkan pada Tabel-1.

Tabel 1. Perbandingan antara proses *permanent mold casting* dan *semisolid forming* pada pembuatan *master cylinder body*.^[3,6]

Proses	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Jumlah Tahapan Pemesinan	Laju Produksi
PMC	760	450	18	24
SSF	450	390	5	150

Keterangan :

1. PMC = *permanent mold casting*.

SSF = *semisolid forming*.

2. Berat awal = berat setelah proses PMC dan SSF
Berat akhir = berat setelah proses pemesinan
3. Laju produksi = (unit/hari)/mold
4. Material pada PMC = AA 356, SSF = AA 357

KESIMPULAN

1. Proses *semisolid forming* dapat menghasilkan produk dengan sifat mekanik yang relatif baik karena cacat porositas dan segregasi makronya relatif rendah. Proses ini dapat pula menghasilkan produk yang mempunyai ketelitian yang relatif tinggi sehingga tahapan proses pemesinan lanjutannya relatif sedikit.
2. Kelemahan dari proses *semisolid forming* adalah diperlukannya material bahan baku berstruktur globular (non-dendritik) yang relatif mahal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Porter, D.A. and K.E. Easterling, *Phase Transformation in Metals and Alloys*, 2nd ed., Chapman and Hall, London, 1992
2. Kalpakjian, S., *Manufacturing Engineering and Technology*, 2nd ed., Addison-Wesley Publishing Co., New York, 1992.
3. Flemings, M.C., *Behavior of Metal Alloys in The Semisolid State*, Metallurgical Transactions A, vol. 22A, hal. 957- 981, 1991.
4. ASM Handbook, 10th ed., vol. 2, *Properties and Selection : Non-ferrous Alloys and Special-purpose Materials*, ASM International, Materials Park, OH, 1990.
5. Young, K. and P. Eisen, *SSM (Semi-solid Metal) Technological Alternatives for Different Applications*, Metallurgical Science and Technology, Vol. 18 No. 2, hal. 11-15, 2000.
6. Winterbottom, W.L., *Semi-solid forming Application : High Volume Automotive Products*, Metallurgical Science and Technology, Vol. 18 No. 2, hal. 5-10, 2000.

HOT TAPPING

Sri Nugroho

Abstract

Hot tapping is defined as using an under pressure drilling machine to cut a hole in an operating pipeline which allows for a new branch connection from the original pipe. This process is done without any product leakage or interruption flow.

PENDAHULUAN

Hot tapping didefinisikan sebagai proses pembuatan lubang pada sistem perpipaan (pipa, bejana tekan, tangki) yang dipakai untuk jalur sambungan baru dengan menggunakan mesin gurdi (*drilling machine*). Proses ini dilakukan tanpa terjadi kebocoran dan tanpa menghentikan aliran fluida di dalam sistem tersebut. *International Piping Service Company (IPSCO)*, sebuah perusahaan jasa *hot tapping*, mampu melakukan *hot tapping* dengan ukuran tap : ½" (12,5 mm) s.d. 72" (1800 mm), tekanan dan temperatur operasi maksimal berturut-turut : 1480 psig (100 barg) dan 700°F (360°C). Komponen proses *hot tapping* meliputi : sebuah *fitting*, sebuah katup *tapping* untuk mengontrol aliran fluida pada jalur baru, dan sebuah mesin gurdi untuk melakukan *hot tapping* (untuk selanjutnya mesin gurdi disebut mesin *hot tapping*).

1. PROSES HOT TAPPING

Proses utama *hot tapping* terdiri dari tiga langkah yaitu : pemasangan *fitting*, pemasangan katup *tapping*, dan pelaksanaan *hot tapping* (lihat gambar 1). *Fitting* berfungsi sebagai penghubung antara pipa utama dengan katup *tapping*. *Fitting* dipasang pada pipa utama dengan cara pengelasan atau secara mekanik (mur-baut). Setelah *fitting* selesai dipasangkan, dilakukan pengetesan terhadap hasil lasan dengan metode tidak merusak (dye penetrant, radiografi, serbuk magnetik, atau ultrasonik). Pengetesan ini bertujuan untuk menguji kebocoran pada lasan. Cacat yang sering ditemukan adalah adanya *underbead cracking* terutama pada langkah pertama (*first pass*) dan terakhir pengelasan.

Kemudian, katup *tapping* dipasangkan secara mekanik pada *flange outlet fitting*. Proses penyambungan secara mekanik ini harus benar-benar kencang agar tidak terjadi kebocoran. Mesin *hot tapping* dipasangkan pada *flange outlet* katup *tapping* secara mekanik. Ketiga komponen ini harus dipasang sesenter atau satu sumbu. Setelah ketiga komponen tersebut terpasang, dilakukan tes tekanan menggunakan air (tes hidrostatis) atau udara / nitrogen plus gelembung sabun (*air pressure test*). Tekanan pengetesan maksimal adalah 1,1 kali tekanan fluida di dalam pipa. Bila tidak ditemukan kebocoran pada sistem berarti proses *hot tapping* siap dilakukan.

Proses *hot tapping* dimulai dengan cara meyetuhkan *cutter pilot drill* ke permukaan luar pipa utama.

Pada mesin listrik otomatis, setelah *cutter* berkontak, motor penggerak akan segera memutar *cutter*. *Pilot drill* menembus pipa dan dengan dilengkapi alat khusus akan memegang kupon (sisa potongan pipa) agar tidak terbawa arus fluida di dalam pipa. Jika kupon jatuh dan terbawa aliran maka tidak ada cara lain kecuali menghentikan aliran fluida. Langkah *cutter-pilot drill* ditentukan berdasarkan kecepatan makan *cutter* dan panjang jalur penggurdian (sumasi panjang *fitting* dan diameter pipa). Bila sebagian pipa telah terpotong, *fitting*, katup *tapping*, dan mesin *hot tapping* akan terisi fluida dari dalam pipa utama. Pada kasus tertentu (fluida mudah terbakar), katup adaptor pada mesin *hot tapping* dibuka untuk mengeluarkan udara agar tidak tercampur dengan fluida. Katup adaptor ini segera ditutup setelah fluida keluar dari mesin *hot tapping*. Proses penggurdian diteruskan sampai seluruh kupon terpotong dari pipa utama. Setelah itu, *cutter pilot drill* yang membawa kupon ditarik kembali dan katup *tapping* ditutup. Untuk menurunkan tekanan fluida di dalam mesin *hot tapping*, katup adaptor dibuka sehingga fluida bisa keluar. Proses *hot tapping* diakhiri dengan pelepasan mesin *hot tapping* dari katup *tapping*.

2. PRASYARAT HOT TAPPING

Bejana tekan atau pipa yang di *hot tapping* harus mempunyai ketebalan dinding yang cukup dan bebas dari cacat agar resiko kebakaran bisa dikurangi. Di bawah ini diuraikan beberapa syarat yang harus dipenuhi di dalam proses *hot tapping* :

➤ Ketebalan Pipa Utama

Ketebalan pipa yang direkomendasikan untuk proses *hot tapping* adalah minimal 3/16" (4,8 mm). Ketebalan di bawah 4,8 mm diijinkan bila pipa tersebut mampu menahan tekanan fluida dan persyaratan metalurginya terpenuhi.

➤ Temperatur Logam Pipa Utama

Jika temperatur logam kurang dari 10°C, *preheating* perlu dilakukan. Biasanya, pengelasan tidak dilakukan bila temperatur logam kurang dari -40°C, kecuali logam pipa utama, elektroda las dan *preheating* mempunyai spesifikasi tertentu. Pada temperatur rendah ($T < T_{dew}$), di sekitar pipa banyak mengandung uap air. Akibatnya, saat pengelasan uap air tersebut akan terjebak di dalam lasan dan menimbulkan *underbead cracking*.

➤ **Stress Relief**

Beberapa peralatan tidak bisa dihot tapping karena sifat metalurgi atau dimensi pipa membutuhkan *stress relieving*. Umumnya, proses *stress relieving* tidak bisa diterapkan pada pipa yang berisi fluida bertekanan. Perlakuan khusus diterapkan pada baja paduan kekuatan tinggi (elektrodanya khusus).

➤ **Komposisi Kimia Fluida**

Kadar oksigen di dalam pipa harus dikontrol untuk mencegah terbentuknya campuran uap dan udara pada *range* campuran gas yang mudah terbakar. Sebagai tambahan, fluida di dalam pipa tidak boleh mengandung :

- Hidrogen, jika sistem beroperasi di atas batas kurva Nelson karena kemungkinan terjadi serangan hidrogen (*API Publication 941*).
- Asam, klorida, peroksida, dan zat kimia lainnya yang bisa terdekomposisi atau menjadi berbahaya akibat panas pengelasan.
- *Caustic* atau *Amine*, jika konsentrasi atau temperatur operasinya mesyaratkan adanya *stress relieving*.
- Gas hidrokarbon tidak jenuh (misal : etilen) yang mengalami reaksi dekomposisi eksotermik, akibat naiknya temperatur logam hasil *hot tapping*. Reaksi tersebut menimbulkan *hot spot* pada dinding pipa sehingga bisa menyebabkan kegagalan.

➤ **Aliran Fluida**

Kecepatan aliran fluida menentukan disipasi panas saat proses pengelasan maupun *hot tapping*. Bahaya yang ditimbulkan akibat kecepatan aliran ini antara lain : pemanasan berlebih pada fluida, *burn-through* akibat kenaikan temperatur dinding dalam pipa, dan ekspansi thermal fluida di dalam sistem tertutup. *Hot work* (pengelasan atau *hot tapping*) tidak dilakukan jika kecepatan aliran fluida sangat tinggi. Pada beberapa kasus tertentu, misal : jalur pipa panjang (*flare lines*), kadangkala aliran fluidanya tidak kontinyu. Aliran seperti ini bisa menimbulkan campuran mudah terbakar saat pengelasan. Untuk menghindari hal tersebut, saat pengelasan perlu ditambahkan uap panas/gas inert/gas hidrokarbon agar dihasilkan aliran yang kontinyu.

➤ **Material Pipa**

Hampir semua jenis material pipa bisa dihot tapping, antara lain : baja, besi cor, *reinforced concrete* (silinder dan non silinder), *asbestos cement*, *nonferrous metals*, dan plastik.

➤ **Posisi Hot Tapping**

Jarak tempat yang dihot tapping dengan sambungan berulir atau *flange* minimal 46 cm, sedangkan terhadap sambungan las minimal 7,5 cm.

3. FITTING

Pemilihan *fitting* didasarkan pada beberapa standar antara lain : *ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX, ANSI B31.3 (Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping)*, atau *API Standard 650 (Welded Steel Tank for Oil Storage)*. Pemilihan ini juga mencakup spesifikasi gasket, katup *tapping*, dan baut. Terdapat berbagai macam bentuk *fitting*, yaitu *saddle*, *nosel*, *split-tee*, *weldolet*, dsb (lihat gambar 2).

Adapun prosedur pengelasan *fitting* pada pipa utama adalah sebagai berikut (*jenis split-tee, full encirclement*) :

- Las sambungan samping,
- Las salah satu ujung, biarkan dingin,
- Las ujung yang lain,
- Tebal fillet las yang diijinkan maksimal dua kali ketebalan dinding pipa.

Fitting pada pipa baja biasanya berbentuk sambungan pipa cabang yang dilas. Sambungan ini tidak bisa diterapkan pada pipa besi cor, *asbestos cement*, atau *concrete*. Pada material tersebut menggunakan *fitting mechanical joint saddle* dengan *seal* karet.

Jika diameter *tapping* lebih besar daripada diameter pipa utama, *saddle* yang berfungsi sebagai *seal* antara sambungan pipa cabang bisa digunakan. Konstruksi ini dilengkapi dengan "O" ring atau gasket karet (*molded rubber gasket*) di sekeliling *fitting* nosel. Jika konstruksi pipa utama kokoh, nosel *tapping* yang memakai *strap*, sebagai pengikat *saddle* pada pipa utama, bisa digunakan. Jika pipa relatif mudah terkorosi atau ber dinding tipis, penggunaan *strap* tidak memungkinkan sehingga lebih tepat menggunakan jenis *fitting* sebelumnya. Jika proses pengelasan tidak diperbolehkan (misal pada tangki pemurnian) maka *fitting* yang digunakan adalah *mechanical joint*.

Terdapat berbagai macam penguat (*reinforcement*) pada *fitting* (lihat gambar 3). Gambar 4 menunjukkan adanya defleksi pada sambungan pipa cabang yang berisi fluida bertekanan sebelum dan sesudah diberi penguat. Dari gambar tersebut terlihat bahwa diperlukan adanya optimasi antara dimensi penguat dengan ketebalan dinding pipa agar diperoleh distribusi defleksi yang tidak berlebihan. Gambar 5 menunjukkan kesalahan pemasangan dan pemilihan jenis *fitting*.

KATUP TAPPING

Semua jenis katup *tapping* bisa digunakan asal memiliki bentuk *round concentric bore* (mempunyai konsentrisitas pada kedua *flangeny*). Jenis katup tersebut antara lain : *gate valve*, *ball valve*, *butterfly valve*, dsb. Sambungan *flange* dapat berupa baut (*bolt*) maupun sekrup (*screw*). Katup *tapping* dipilih berdasarkan antara lain : temperatur / tekanan kerja fluida, jenis fluida, ukuran *flange fitting*, dsb.

Sebelum dipasang, katup taping harus dijamin tidak bocor (standar pengujian : *API Standard 598*). Gambar 6 mengilustrasikan kesalahan pemasangan katup *tapping*.

MESIN HOT TAPPING

Meskipun secara komersial mesin *hot tapping* telah tersedia di pasaran, beberapa perusahaan membuat sendiri mesin tersebut. Spesifikasi utama mesin *hot tapping* adalah batas temperatur dan tekanan operasi maksimum serta kecepatan makan *cutter pilot drill* (lihat gambar 7). Mesin ini digerakkan secara manual/tangan, hidrolik, pneumatik ataupun motor listrik otomatis. Komponen utama mesin *hot tapping* yaitu *cutter pilot drill* ditunjukkan pada gambar 8. Gambar 9 menunjukkan *check list* pipa yang akan di *hot tapping*.

CONTOH KASUS

Di bawah ini diberikan tiga contoh kasus penerapan proses *hot tapping* :

6.1. Pipa / Bejana Tekan Berisi Udara Bertekanan

Pengelasan seharusnya tidak dilakukan pada pipa / bejana tekan yang berisi udara bertekanan. Sistem tersebut kemungkinan mengandung zat residu minyak pelumas atau hidrokarbon yang setiap saat bisa terbakar. Bahkan setelah tekanan udaranya dikurangi / dinolkan (*depressurised*), pengelasan hanya dapat dilakukan bila udara yang mengandung oksigen atau zat mudah terbakar dibersihkan. Pengelasan seharusnya tidak dilakukan pada pipa yang berisi oksigen murni atau udara yang banyak mengandung oksigen (*oxygen-rich atmosphere*).

6.2. Tangki Fluida Cair

Tidak diperbolehkan memompa dari atau ke dalam tangki, ketika *hot work* sedang berlangsung. Semua katup pada jalur tangki fluida harus ditutup untuk sementara waktu. Kerja *mixer* di dalam tangki juga harus dihentikan. Semua koil pemanas dimatikan selama proses *tapping* berlangsung. Ketinggian fluida dijaga 3 feet (1 meter) di atas lokasi *hot work*. Oleh karena itu, dibutuhkan alat ukur ketinggian fluida di dalam tangki (*hand tape gage*). Pengelasan yang dilakukan pada tangki di atas permukaan fluida yang mudah terbakar (misal : minyak) tidak boleh dilakukan karena sangat berbahaya.

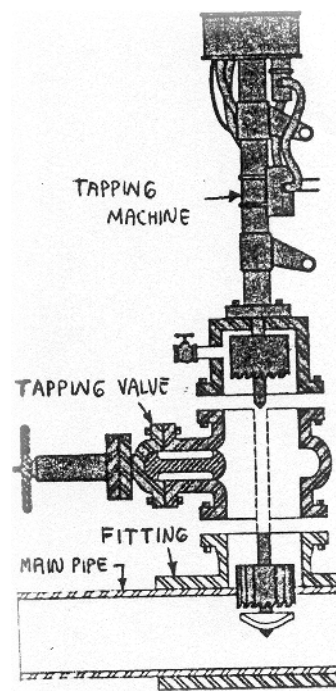
6.3. Line Stopping

Line stopping adalah suatu cara untuk menghentikan sementara (tidak permanen) aliran fluida di dalam pipa. Proses ini dapat dipakai untuk antara lain : mengisolasi pipa untuk perbaikan (*repair*), pengubahan jalur pipa, atau relokasi. Jika dipakai jalur *bypass*, fluida dapat dialirkan melalui jalur pipa yang mengelilingi

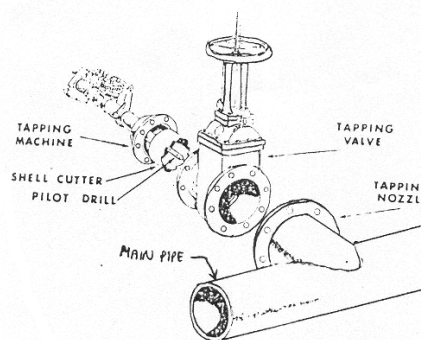
bagian yang diperbaiki. Secara singkat proses dan ilustrasi *line stopping* ditunjukkan pada gambar 10.

DAFTAR PUSTAKA

1. API Publication 2201, "*Procedures For Welding Or Hot tapping On Equipment Containing Flammables*", third edition, Washington, 1985.
2. International Piping Service Company, "*Product & Services*", USA, 2000.

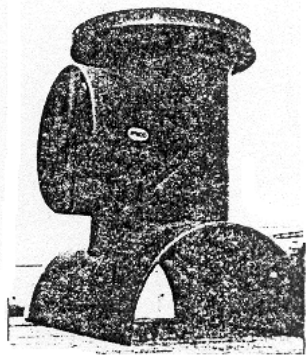


(a)

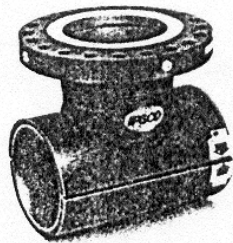


(b)

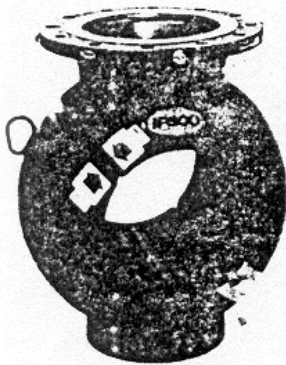
Gambar-1 : Komponen Hot Tapping (a) dan (b)



48" (120mm) by 36" (900mm) three way line stop fitting for use on flare line.

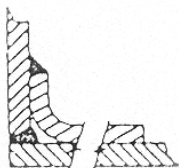


Split tee

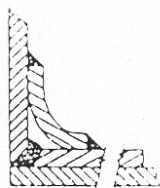


16" (400mm) spherical three way tee with Clave – Sure flang Outlet from side bottom

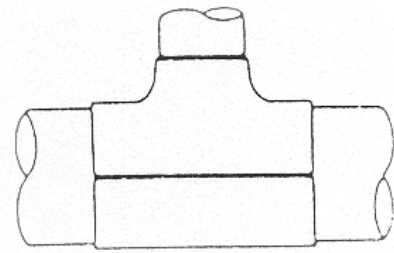
Gambar-2 : Jenis-Jenis Fitting



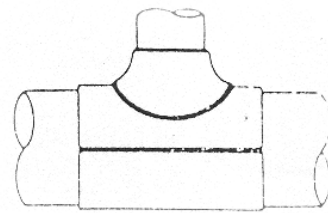
(a)



(b)

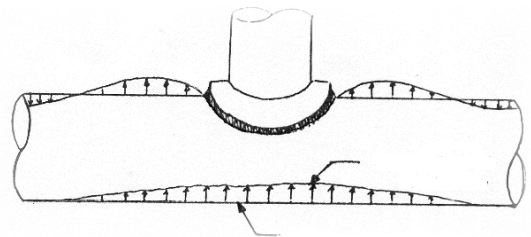


(c)

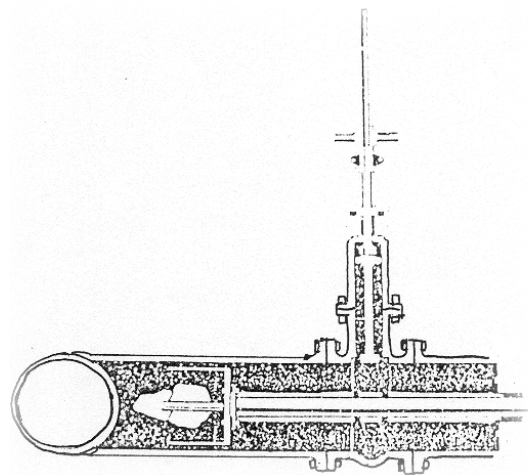


(d)

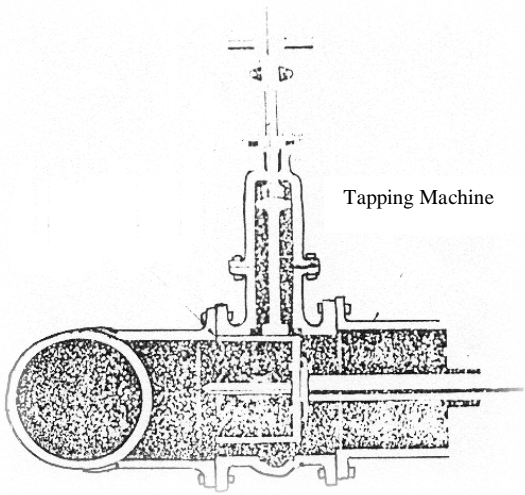
Gambar-3 : Jenis-jenis penguat pada fitting



Gambar-4 : Defleksi pada pipa bertekanan

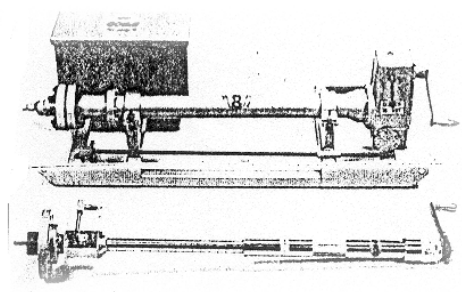


Gambar-5 : Kesalahan pemilihan fitting



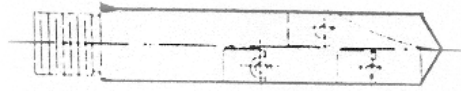
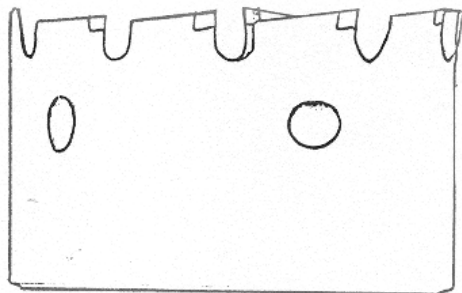
Tapping Machine

Gambar-6 : Kesalahan pemasangan katup tapping

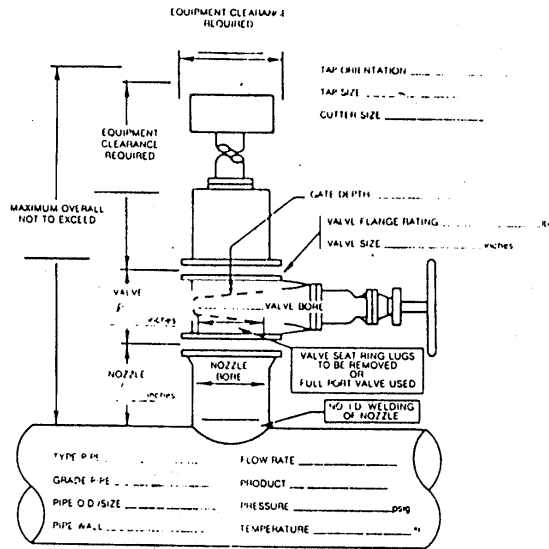


IPSCO's IP100 tapping machine with capabilities from 1/2" (12.50mm) to 4" (100mm) and IPSCO's IP152 tapping machine with capabilities from 4" (100mm) to 12" (300mm). A complete equipment line is available for taps to 72" (1800mm).

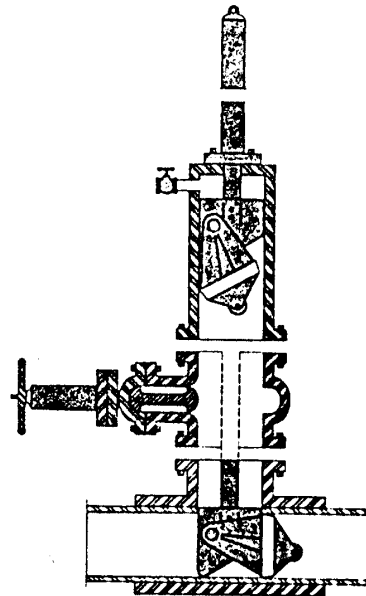
Gambar-7 : Mesin Hot tapping



Gambar-8 : Cutter pilot drill



Gambar-9 : Check list proses hot tapping



Gambar-10 : Line stopping