

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Suhardjono, (2010) dengan penelitian yang berjudul “Karakteristik Penetrasi dan Laju Pembuangan Material *Non Metal* pada Proses *Drilling* dengan *Water Jet Machining* Sebagai Variasi *Stand of Distance*” melakukan penelitian tentang variasi jarak pancaran air atau di sebut *stand of distance*. Jarak antara *nozzle* dan benda kerja atau SOD (*stand of distance*) mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap kedalaman penetrasi lubang, diameter lubang dan laju pembuangan material. Untuk Proses *drilling* pada batu bata menghasilkan data bahwa kedalaman penetrasi lubang, diameter lubang dan laju pembuangan material (MRR) sebagai fungsi SOD memberikan (kecenderungan) pola grafik parabolik yang mempunyai titik optimum tertentu. Dengan demikian kenaikan SOD hingga SOD optimum, semakin besar SOD semakin besar pula kedalaman penetrasi, diameter lubang dan MRR. Namun di atas SOD optimum mulai terjadi penurunan yang sangat signifikan. Waktu proses *drilling* sangat berpengaruh terhadap kedalaman penetrasi saja dan mempunyai hubungan linear. Jadi semakin lama waktu *drilling* semakin dalam penetrasi lubang yang terjadi. Sedangkan diameter lubang dan laju pembuangan material praktis tidak dipengaruhi oleh waktu proses *drilling*.

2.2 Proses Pemesinan Non Konvensional

Proses pemesinan non konvensional melakukan proses pemotongan material tanpa menggunakan pahat, tetapi dilakukan menggunakan energi.

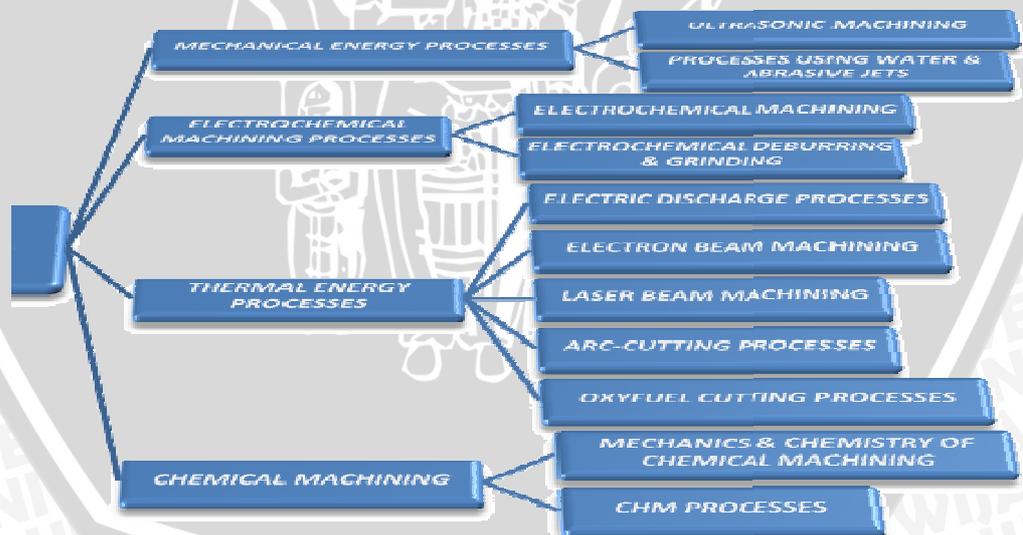
Ada beberapa alasan penggunaan proses pemesinan non konvensional, yaitu:

1. Untuk memproses benda kerja yang memiliki kekerasan dan kekuatan yang tinggi ($> 400\text{HB}$). Pemotongan material logam dan non logam, seperti : kekuatan tinggi dan keuletan tinggi
2. Untuk memperoleh bentuk yang tidak dapat dikerjakan dengan pemesinan konvensional

3. Untuk memperoleh kehalusan (tidak meninggalkan geram pada pemotongan) dan toleransi yang lebih baik
4. Untuk menghilangkan tegangan sisa

Proses non konvensional diklasifikasikan berdasarkan prinsip penggunaan energy (proses pemotongan material tanpa menggunakan pahat), berdasarkan hal tersebut maka bentuk energi mekanik yang dipakai pada pada mesin non konvensional berbeda dengan bentuk energi mekanik yang digunakan pada mesin konvensional. Macam – macam energi pemesinan non konvensional ;

1. Pengikisan benda kerja dilakukan dengan partikel abrasive berkecepatan tinggi .
2. Pengikisan benda kerja dilakukan dengan air berkecepatan tinggi.
3. Dengan *thermal*, proses ini menggunakan energi thermal untuk memotong bagian benda
4. *Chemical*, sebagian besar material seperti asam dll.pengerjaan dengan menghilangkan materi permukaan dilindungi dengan cara ditutup dengan menggunakan zat asam berbahan kimia.



Gambar 2.1 macam – macam pemesinan non konvensional

Ada beberapa *mechanical energy processes*, antara lain ;

- *Ultrasonic machining*
- *Water jet cutter*
- *Abrasive water jet cutter*
- *Abrasive jet machining.*

Ada beberapa *electromechanical processes*, antara lain ;

- *Electrochemical machining*
- *Electrochemical deburring*

Ada beberapa *thermal energy processes*, antara lain ;

- *Electric discharge machining*
- *Electron beam machining*
- *Laser beam machining*
- *ARC-cutting processes*
- *Oxyfuel cutting processes*

Ada beberapa *chemical machining*, antara lain ;

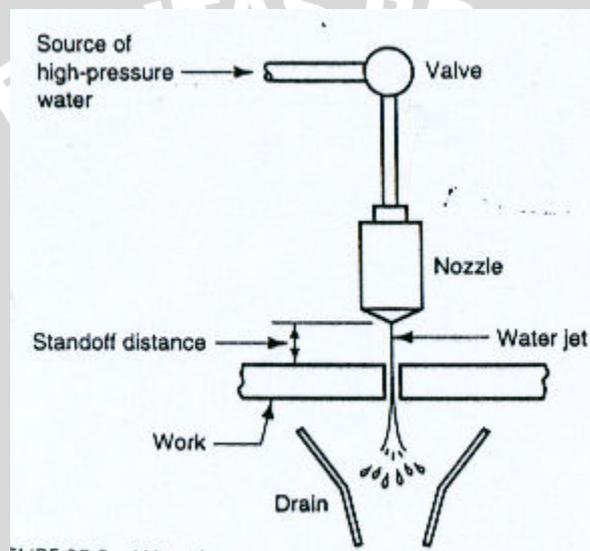
- *Mechanics & Chemistry Of Chemical Machining*
- *CHM processes*

2.3 Water Jet Cutter

Water jet cutter adalah sebuah alat yang digunakan dalam proses pemotongan dengan jalan menyembrotkan air yang bertekanan dan kecepatan tinggi ke permukaan benda kerja. Proses *water jet* dasar melibatkan air mengalir dari pompa, melalui pipa, dan keluar dari *cutting head* melalui lubang *nozzle*. Dalam pemotongan *waterjet*, proses pemotongan material dapat digambarkan sebagai proses erosi supersonic. Proses ini pada dasarnya sama dengan erosi air yang ditemukan di alam tapi sangat cepat dan terkonsentrasi. *Water jet* sebagai pahat potong (*cutting tool*) mempunyai daya potong yang hampir tidak terbatas, karena *water jet* dapat memotong berbagai material dari yang lunak hingga yang keras, dari yang ulet hingga yang tangguh dengan tingkat ekonomis yang tinggi.

Untuk mendapatkan konsentrasi pengikisan permukaan benda maka digunakan *nozzle* berdiameter lubang 0,1 s/d 0,4 mm. Tekanan air yang

digunakan mencapai 20.000 - 60.000 PSI (1300-6200 bar) dan kecepatan *supersonic* yang mencapai 900 m/det. Ini dipercepat melalui lubang kecil di permata, yang biasanya dengan diameter (0,18 sampai 0,4 mm). Hal ini mengakibatkan kecepatan yang sangat tinggi. Tipe alat ini beraneka ragam, ada yang menggunakan medium air yaitu *Water Jet Cutter* (WJC) dan *Abrasive Water Jet Cutter* (AJM) yang menggunakan gas bercampur *abrasive* bertekanan 0,2 s/d 1,4 MPa dengan kecepatan sekitar 2,5- 5,0 m/det. Gas yang digunakan dapat berupa udara kering, nitrogen, karbondioksida, helium dan lainnya. Material yang dapat dipotong adalah polimer, komposit, plastik.



Gambar 2.2 bagian bagian pada *water jet cutter*

Sumber : www.repository.binus.ac.id/content/D0592/D059235657.doc

Untuk mendapatkan aliran air yang halus digunakan pembukaan *nozzle* dengan diameter sekitar 0,004 sampai 0,016 in (0,1 sampai 0,4 mm). Agar diperoleh aliran dengan energi yang cukup untuk pemotongan, digunakan tekanan di atas 60.000 lb/in² (400 Mpa), dan pancaran mencapai kecepatan di atas 3000 ft/sec. (900 m/s). Cairan ditekan sesuai tingkat yang diinginkan dengan menggunakan pompa hidraulik

Pemesinan *water jet* termasuk proses pemotongan dingin, sehingga tidak timbul panas. Dengan demikian tidak terjadi kerusakan akibat panas seperti distorsi termal, HAZ (*Heat Affected Zone*), tegangan termal (*thermal stress*) pada permukaan yang dipotong dan lain-lain. Selain daripada itu, *water*

jet machining termasuk proses pemotongan yang ramah lingkungan, karena tidak terjadi pelelehan material atau produk sampingan (*byproduct*) yang berdebu, maka udara disekitarnya tidak tercemar, tidak beracun dan sangat aman dari bahaya kebakaran. *Water jet machining* dibagi menjadi 2 ;

- *water jet cutter* murni menggunakan air yang hanya dapat memotong bahan-bahan seperti komposit, polimer, kayu.
- *abrasive water jet cutter* menggunakan air dan dicampur *abrasive* yang biasanya menggunakan bahan granit, dapat memotong bahan-bahan yang relatif lebih keras seperti logam dll.

Keuntungan menggunakan *water jet* antara lain ;

- Dapat digunakan untuk pemotongan yang sangat presisi,
- Waktu yang dibutuhkan sangat cepat
- Ramah lingkungan, tidak menghasilkan limbah yang merusak lingkungan
- Lebih ekonomis karena air dan bahan *abrasive* mudah di daur ulang
- Angka toleransi sangat ketat (relative kecil), Jumlah materi dihapus oleh jet air sungai biasanya sekitar 0,02 “(0,5 mm) lebar, yang berarti bahwa sangat sedikit bahan akan dihapus. Ketika Anda bekerja dengan bahan mahal (seperti titanium) atau bahan berbahaya (seperti timah), ini dapat menjadi manfaat yang signifikan.
- Lebih aman karena Sebuah kebocoran pada tekanan tinggi sistem air cenderung mengakibatkan penurunan yang cepat tekanan ke tingkat yang aman. Air itu sendiri aman, tidak terjadi ledakan dan *abrasive garnet* tidak beracun.

Kerugian dalam *water jet* antara lain ;

- Biaya awal untuk pembelian *water jet* tinggi, namun untuk proses produksi selanjutnya bila dibandingkan dengan peralatan lain sangat murah, serta menghemat waktu pengerjaan.
- Perlu adanya perawatan khusus dan berkala, karena air yang dicampur dengan bahan *abrasive* dipaksa untuk melewati lubang yang sangat sempit sehingga butuh perhatian yang khusus agar peralatan dalam kondisi yang baik.

Karakteristik dari *water jet* yakni ;

- Menggunakan kecepatan yang sangat tinggi, aliran partikel *abrasive* (20.000-60.000 psi) yang dihasilkan oleh sebuah jet pompa *air intensifier*
- Dalam pengerjaan tidak mengalami kerusakan pada benda kerja, permukaan yang panas atau pinggiranya
- Sudut yang terbentuk kurang dari 1 derajat digunakan pada kebanyakan pemotongan, yang dapat dikurangi atau dihilangkan sama sekali dengan memperlambat proses pemotongan
- Jarak *nozzle* dan benda kerja mempengaruhi lebar *kerf*
- Digunakan pada bahan yang sensitif terhadap panas, bahan yang halus ataupun bahan yang keras.

Parameter dalam proses *water jet* adalah :

- Jarak pancaran air antara *nozzle* dan permukaan bendakerja (*standoff distance*)
- Diameter pembukaan nosel
- tekanan air
- kecepatan pemotongan
- Panjang *nozzle*

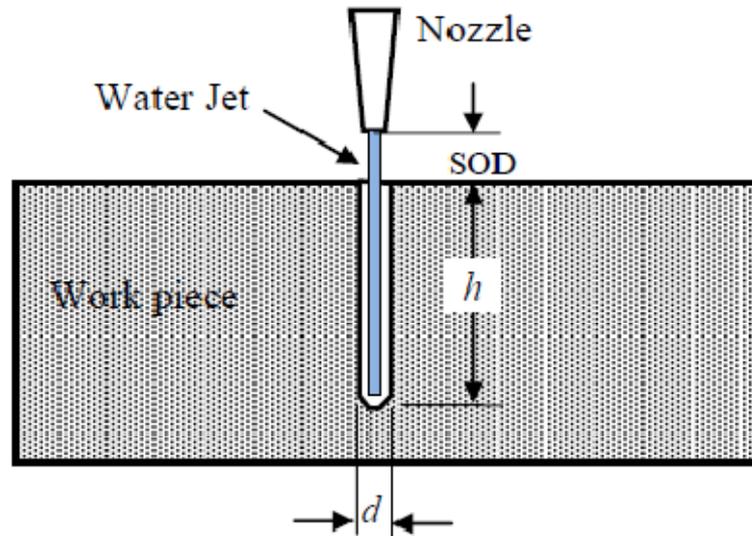
2.3.1 Prinsip Dasar Water Jet Cutter

Water jet cutter ini mempunyai tekanan yang sangat tinggi (energi potensial) dikonversi menjadi kecepatan yang sangat tinggi 900 m/s (energi kinetik) umumnya dihubungkan dengan air bertekanan tinggi dan akan dipindahkan ke tekanan udara melalui lubang yang sangat kecil (permata) dan dikeluarkan dari *nozzle*, lalu memotong material dengan penyemprotan dengan kecepatan tinggi. Proses pemotongan terjadi karena air dengan tekanan tinggi akan keluar melalui *nozzle* dengan kecepatan yang sangat tinggi, disinilah terjadi perubahan energi dari tekanan menjadi energi kinetik. Akhirnya energi kinetik ini yang akan mengerosi benda kerja. laju pembuangan material atau *material removal rate* (MRR) dihitung sebagai berikut:

$$MRR = \frac{V}{td} \text{ (mm}^3\text{/ detik)}$$

V = volume yang terbuang

td = waktu pancaran



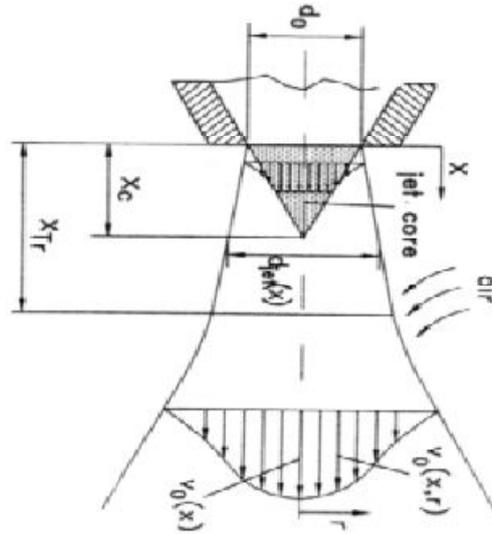
Gambar 2.3 Ilustrasi Proses pemotongan dengan *Water Jet Cutter*

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi d^2 \cdot h \text{ (mm}^3\text{)}$$

V = volume

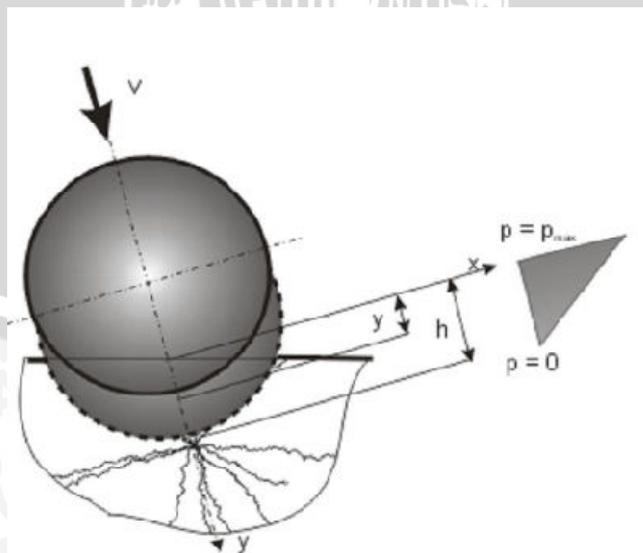
d² = diameter

h = kedalaman penetrasi



Gambar 2.4 *profile pancaran air*

pancaran air yang secara radial tersebut akan menyebar ke segala arah di atas pusat benturan. Ketika pancaran air dengan kecepatan tinggi tersebut diarahkan pada suatu titik pada permukaan benda kerja dan tepat mengenai permukaan material, maka energi kinetik dengan kecepatan tinggi tersebut akan menekan permukaan material. Karena terus ditekan lama kelamaan permukaan bata merah akan terkikis sedikit demi sedikit (mengalami erosi), dan pada akhirnya akan menimbulkan lubang. Banyaknya material yang terkikis oleh pancaran air tersebut disebut MRR (*Material Removal Rate*) atau laju pembuangan material.



Gambar 2.5 dampak drop air sebagai penetrator bola terhadap benda kerja

permukaan antara drop dan bahan benda kerja ; dihitung, berdasarkan skematik pada gambar 4, sebagai :

$$A_C (y) = \pi . d . y$$

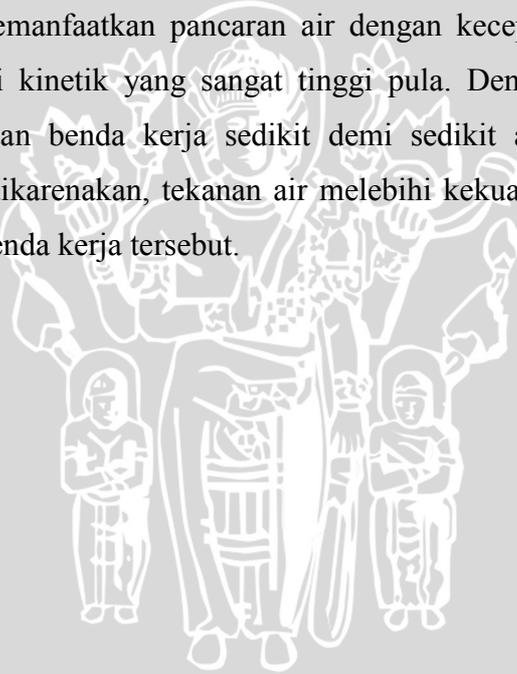
Dimana

V = volume

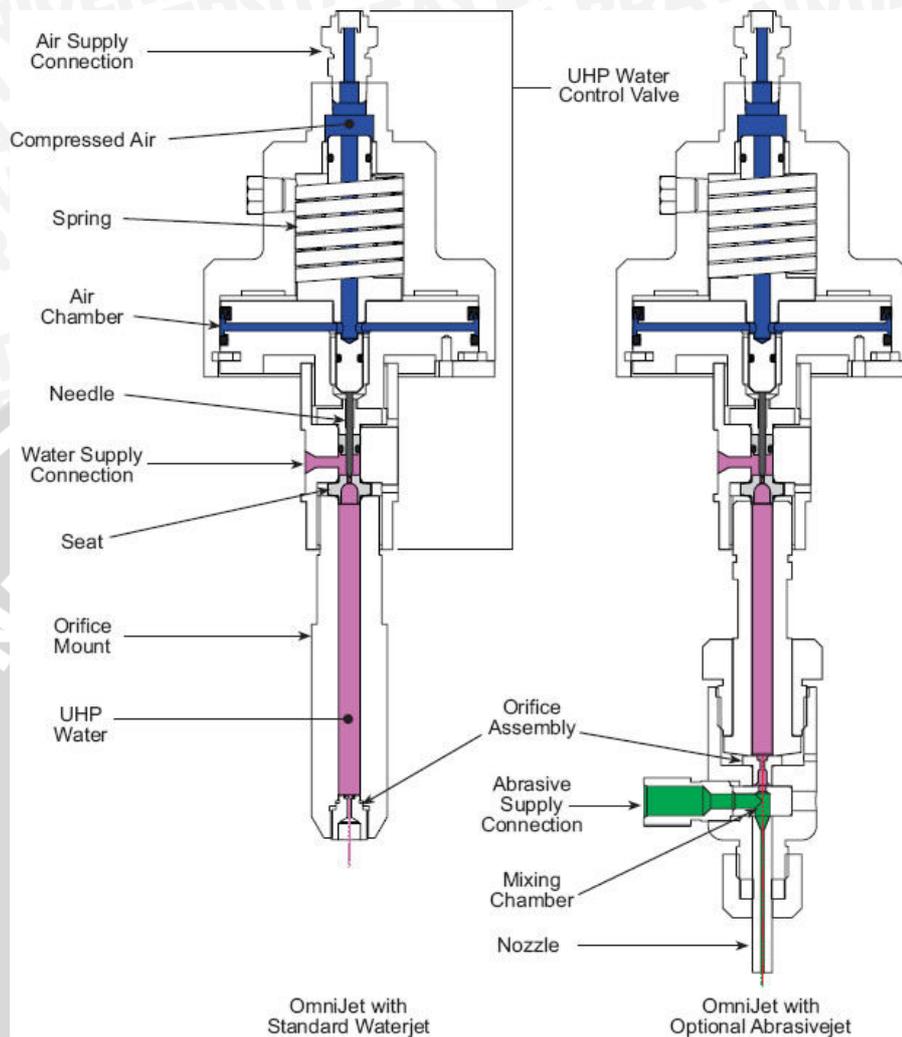
d = diameter

y = kedalaman penetrasi

Secara garis besar *water jet machining* adalah proses pemotongan yang berlangsung karena memanfaatkan pancaran air dengan kecepatan yang tinggi, dan mempunyai energi kinetik yang sangat tinggi pula. Dengan tekanan yang sangat tinggi permukaan benda kerja sedikit demi sedikit akan terkikis atau tererosi. Erosi terjadi dikarenakan, tekanan air melebihi kekuatan ikatan partikel partikel dari material benda kerja tersebut.



2.4 Proses Kerja *Water Jet Cutter*



Gambar 2.6 Bagian – bagian water jet cutter

Sumber: http://www.jetedge.com/print.cfm?fuseaction=dsp_products_detail&product_ID=83

Proses water jet cutter ini berawal dari motor listrik yang akan menggerakkan *intensifier pump* yang fungsinya untuk menciptakan kekuatan untuk menekan air. Untuk pasokan air awal harus minimal 5 galon per menit pada tekanan 40 PSI persegi, air didorong oleh pompa yang bertekanan 80 PSI yang diperlukan oleh *intensifiers*. Lalu *intensifier* menghasilkan air bertekanan tinggi yang akan disalurkan ke *water jet cutter* untuk memotong. Diperlukan mesin *heat exchanger* untuk menjaga air pada *intensifier* agar tetap pada suhu yang dingin sebelum *intensifier* menghasilkan air bertekanan tinggi ke *water jet cutter*.

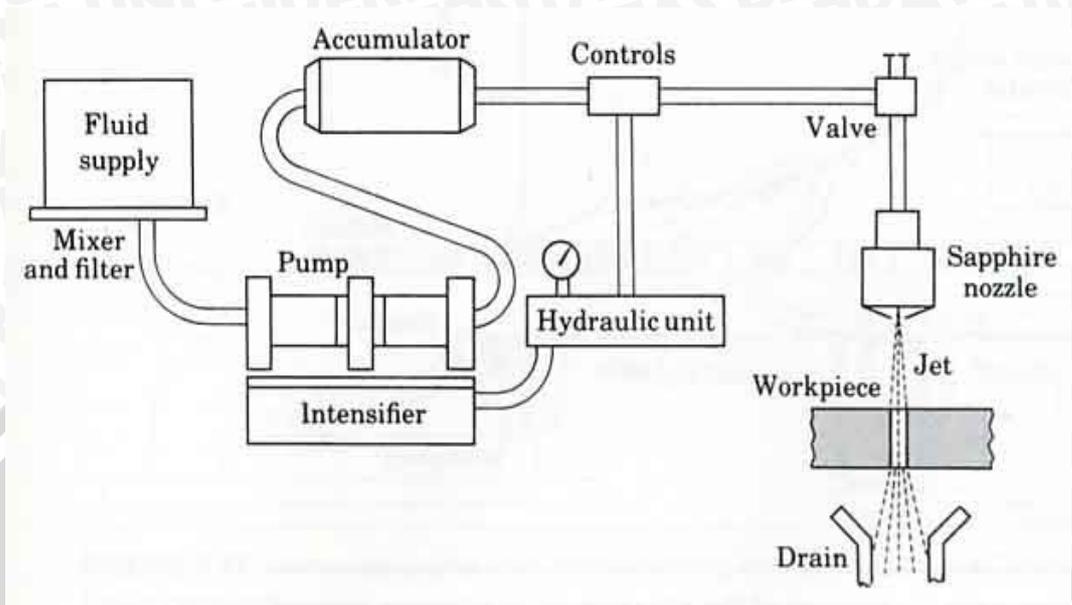
2.4.1 Intensifier pump



Gambar 2.7 gambar *intensifier pump*
Sumber : <http://www.wardjet.com/pumps.html>

Jenis pompa menggunakan tekanan hidrolik yang dikembangkan oleh sebuah motor listrik penggerak pompa hidrolik, yang pada nantinya mendorong piston mundur dan maju pada *stroke* lambat panjang, penekanan air akan berkembang hingga tekanan 6200 bar. Jenis ini merupakan jenis yang paling umum ditemukan pada mesin jet air. Pompa adalah jantung dari waterjet. Pompa harus dapat menghasilkan air bertekanan tinggi secara kontinu. Secara umum, pompa terdiri dari dua macam, yaitu pompa langsung, dan pompa tidak langsung (*intensifier based pump*). Namun, saat ini jenis pompa yang lebih banyak digunakan untuk penggunaan di bidang industri adalah jenis pompa tidak langsung (*intensifier based pump*), karena jenis pompa ini dapat menghasilkan tekanan air yang lebih tinggi. Oleh karena itu, *Intensifier based pump* adalah suatu

sistem pompa air yang dapat menghasilkan air bertekanan tinggi secara kontinu.

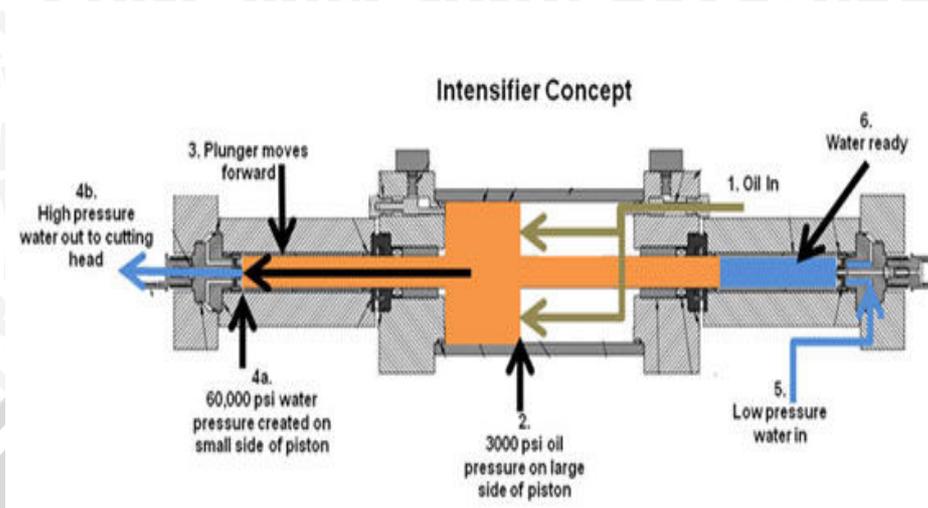


Gambar 2.8 skema *water jet cutter*

Sumber : wings.buffalo.edu/courses/...notes/class29_nontraditional%20machining.pp

Motor listrik menyebabkan pompa hidrolis mensirkulasikan cairan hidrolis pada sistem yang menyebabkan piston beserta *plunger* kiri dan kanan dapat bergerak maju mundur secara terus-menerus. Pada saat batang *plunger* di sebelah kiri bergerak ke arah kanan, air dari sumber tersedot masuk ke dalam pipa penampung sementara, sedangkan pada *plunger* bagian kanan, air didorong keluar dari pipa penampung sementara menuju lubang kepala pemotong, dan sebaliknya pada saat cairan fluida disirkulasikan kembali, batang piston di sebelah kanan bergerak ke arah kiri dan menyedot air dari sumber air ke dalam pipa penampung sementara, dan pada sisi kiri dari pompa, air yang telah disedot masuk tadi didorong keluar menuju lubang kepala pemotong. Sehingga dengan prinsip kerja seperti ini, kita dapat menghasilkan debit air secara kontinu dengan tekanan dan kelajuan yang sangat tinggi, mencapai tekanan 60.000psi pada kecepatan 762m/s.

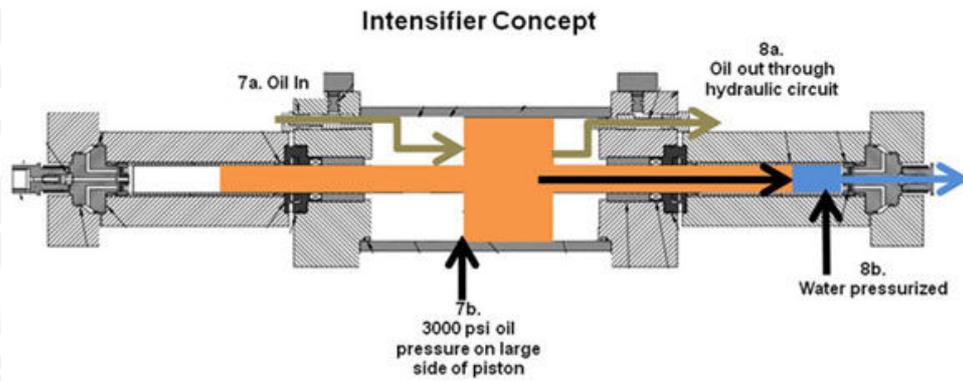
Proses kerja yang terjadi didalam *intensifier pump* dapat ditunjukkan dengan gambar dibawah ini :



Gambar 2.9 proses kerja *intensifier pump* untuk menghasilkan air bertekanan tinggi

Sumber : <http://www.wardjet.com/02-waterjet-relationship-parameters.html>

1. Oli masuk setengah ke dalam *hydraulic cylinder*
2. Oli yang masuk tadi mendorong piston ke arah kiri
3. *Plunger* berkerak ke kiri
4. Air tekanan yang sangat tinggi terpaksa keluar dari *intensifier* melalui pusat *check valve*
5. *Plunger* bergerak ke kiri, mengalirkan air ke dalam *high pressure cylinder* melalui lubang inlet dari *check valve*
6. *Plunger* telah mencapai ujung stroke ke kiri, yang mengakibatkan silinder sisi kanan tekanan tinggi penuh air
7. Katup kontrol penyearah menerima sinyal melalui sensor jarak dekat piston untuk membalikkan aliran minyak hidrolik. Minyak sekarang dipaksa masuk ke kiri setengah dari silinder hidrolik dan piston bergerak ke kanan

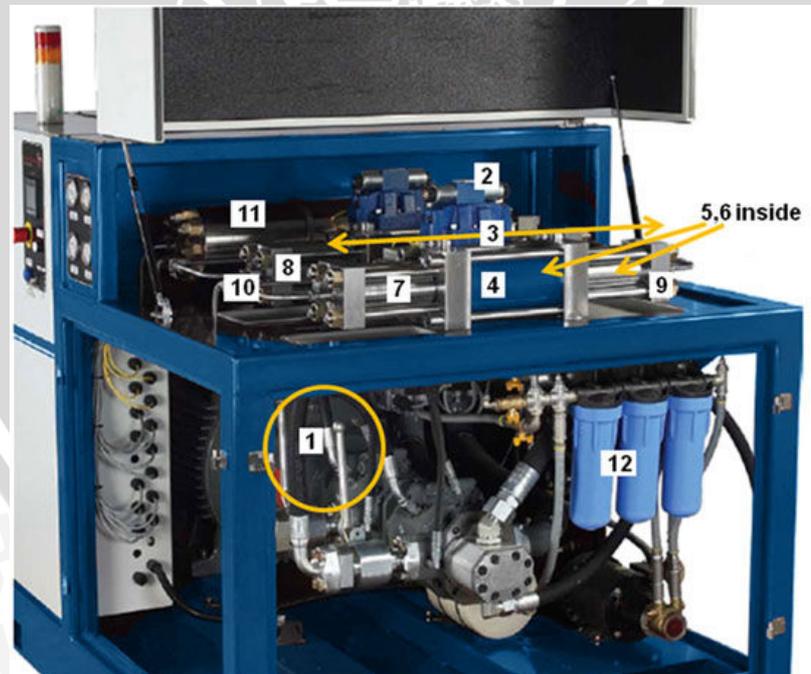


Gambar 2.10 proses kerja *intensifier* untuk membalikkan aliran oli hidrolik

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

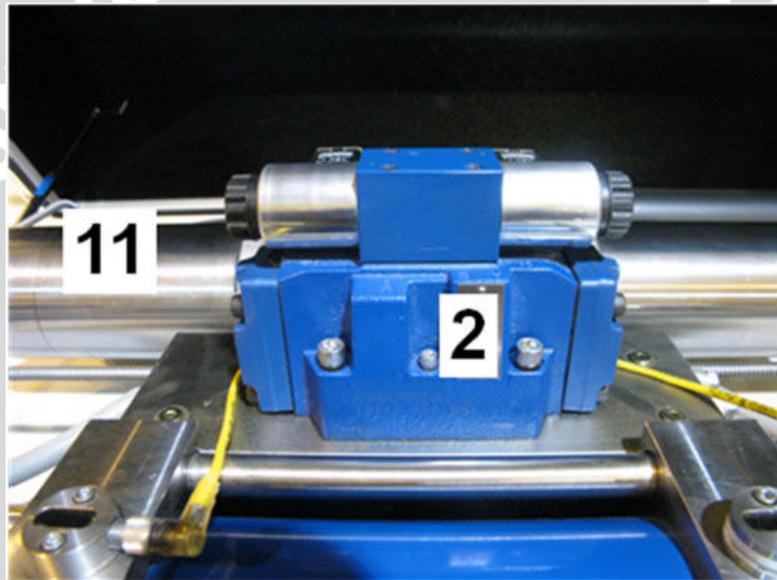
8 . Minyak keluar, hal ini untuk menciptakan gerak maju mundur pada piston.

Bagian – bagian dari *intensifier pump* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.11 bagian – bagian dari *intensifier pump*
 Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

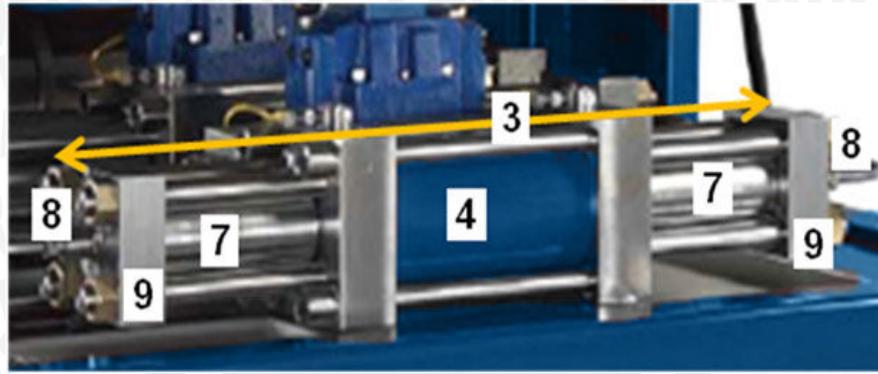
1. Motor listrik dan pompa hidrolik, Motor listrik dan pompa hidrolik (nomor 1 di gambar di atas) menciptakan tekanan minyak yang diperlukan untuk sisi minyak intensifier. Ukuran pompa khas adalah 30 HP, 50 HP, 75 HP, 100 HP dan 150 HP, pompa masing-masing akan memiliki volume air keluaran (galon per menit) dan tekanan (psi).
2. *Directional control valves*, Katup kontrol pengarah yang mengontrol arah aliran minyak hidrolik ke *intensifier* dan dari *intensifier*



Gambar 2.12 *Directional control valves*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

3. *Intensifier*, intensifier (3) terdiri dari (4), *high pressure cylinders* (7), and *check valves* (8) and *end caps* (9). Tidak terlihat dari luar adalah piston dan *plunger*.



Gambar 2.13 intensifier

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

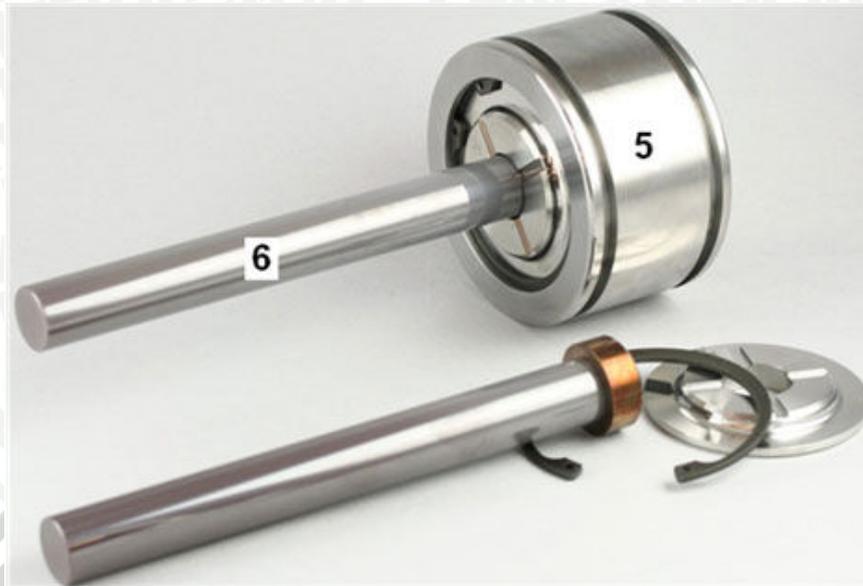
4. *Hydraulic cylinder* / silinder hidrolik, adalah rumah piston dan merupakan area dimana minyak hidrolik melakukan tugasnya. Katup-katup kontrol pengarah mengontrol aliran minyak ke dalam dan keluar dari setiap sisi silinder hidrolik



Gambar 2.14 *Hydraulic cylinder*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

5. Piston, piston (5) adalah bagian silinder diameter yang lebih besar yang terletak di dalam silinder hidrolik. piston secara efektif membagi silinder hidrolik ke sisi kiri dan sisi kanan. *Plunger* (6)



Gambar 2.15 piston

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

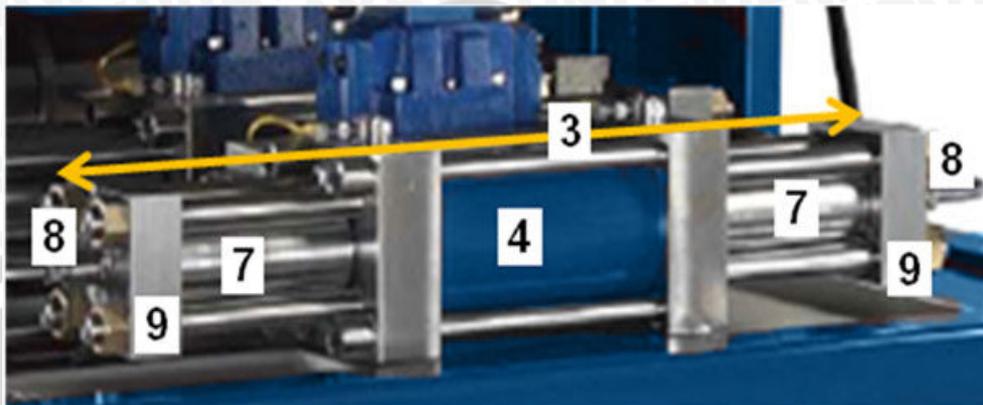
6. *Plunger*, *plunger* atau biasa disebut torak adalah dua poros diameter yang lebih kecil yang terhubung ke setiap sisi piston yang fungsinya sebagai poros untuk menekan piston ke kiri dan ke kanan. *Plunger* biasanya terbuat dari *stainless steel* dan yang lebih baru, terbuat dari keramik. Keramik digunakan karena kemampuannya meredam panas dan tekanan tinggi dengan ekspansi *thermal* yang sedikit.



Gambar 2.16 *plunger*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

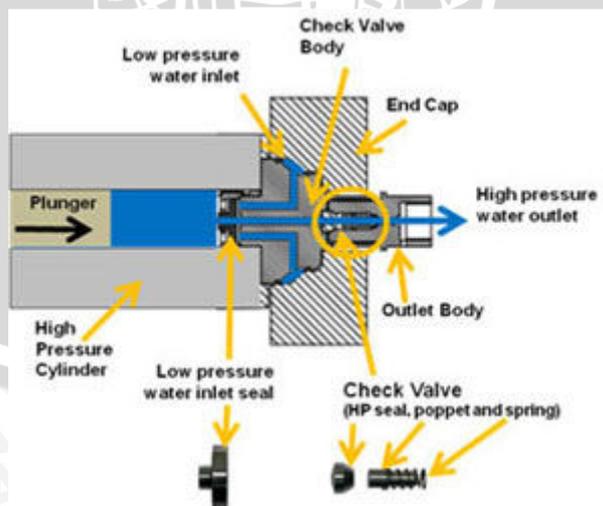
7. *High pressure cylinder* / silinder tekanan tinggi, adalah mesin dari *stainless steel* yang sangat tebal dan diperlakukan dalam rangka untuk menahan tekanan ekstrim mereka diletakkan di bawah dengan siklus terus menerus.



Gambar 2.17 *High pressure cylinder* (7)

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

8. *Check valve*, Ada satu katup (8) yang terdapat pada akhir setiap silinder tekanan tinggi di balik ujung dari silinder hidrolis. *Check valves* memungkinkan air untuk masuk ke *high pressure cylinder* dan air bertekanan tinggi untuk keluar dari *intensifier* . *Check valves* ini dirancang untuk membiarkan aliran air masuk dalam satu arah.



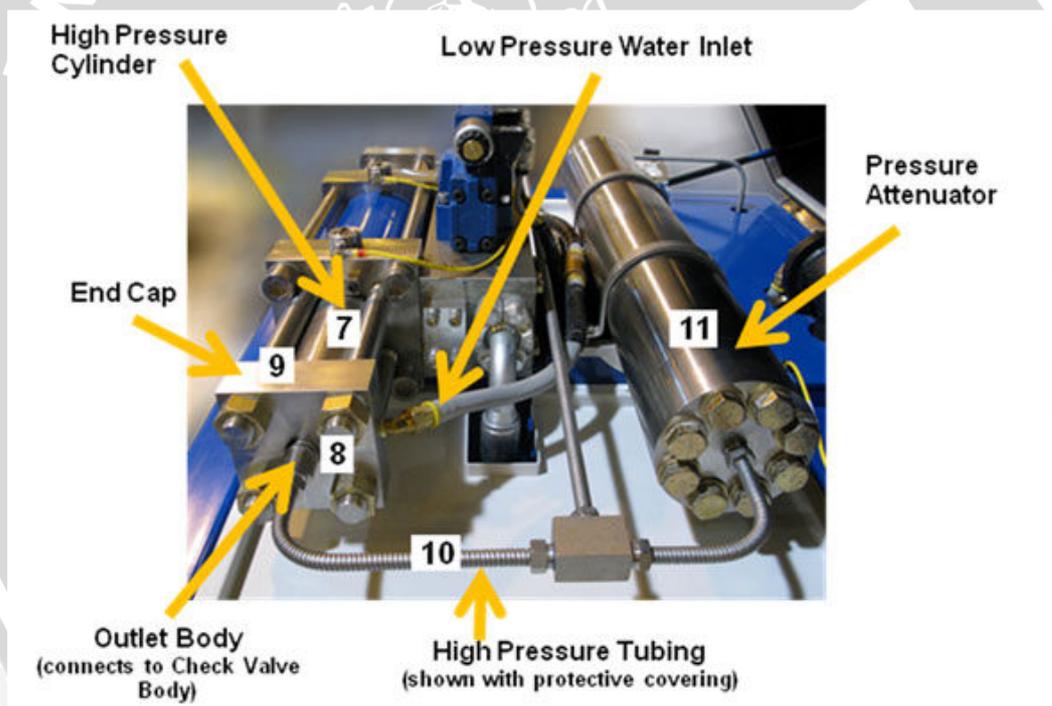
Gambar 2.18 penampang *check valve*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>



Gambar 2.19 *check valve*

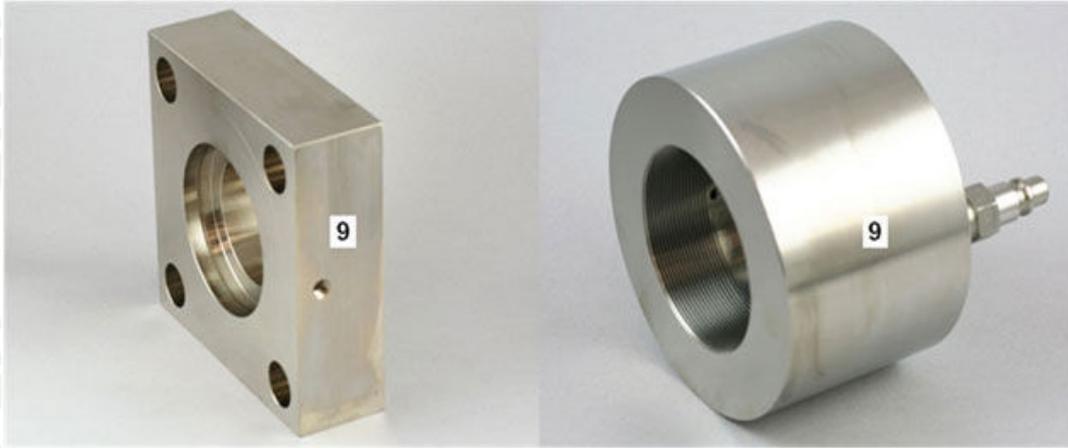
Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>



Gambar 2.20 bagian – bagian *intensifier pump* tampak dari sisi

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

9. *End Cap*, adalah salah satu bagian dari intensifier ada yang berbentuk silinder atau persegi yang fungsinya untuk penutup *intensifier*



Gambar 2.21 *end cap*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

10. *High pressure tubing* / pipa tekanan tinggi, diameter luar umumnya adalah 0,25 ", 0,313", 0,375 "dan 0,563", diameter dalam berkisar dari 0,062 "ke 0,312". Tekanan tinggi pipa dari silinder tekanan tinggi sebelah kiri akan bergabung bersama di beberapa titik dengan pipa tekanan tinggi dari silinder sebelah kanan. Pipa tekanan tinggi membawa air bertekanan ke *attenuator* tekanan, dan pipa tekanan tinggi ini akan menyalurkan air tekanan tinggi untuk memotong kepala.



Gambar 2.22 *high pressure tubing*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

11. *Pressure attenuator* / *attenuator* tekanan, *attenuator* fungsinya menghaluskan variasi dalam tekanan setelah air bertekanan tinggi keluar dari *intensifier*



Gambar 2.23 *pressure attenuator*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

12. *Inlet water*, Sebelum memasuki pompa, air mungkin harus dirawat untuk mendapatkan air di dalam spesifikasi pabrik waterjet itu, *inlet water* harus mampu mempertahankan laju alir tertentu dan tekanan untuk memastikan bahwa *intensifier* menerima cukup air, air yang masuk juga harus memenuhi persyaratan tertentu yang terkait dengan *Total Dissolved Solids* (TDS), pH, suhu, organik, dll, air yang buruk dapat mengurangi kualitas tinggi tekanan.



Gambar 2.24 *water inlet*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

Motor listrik

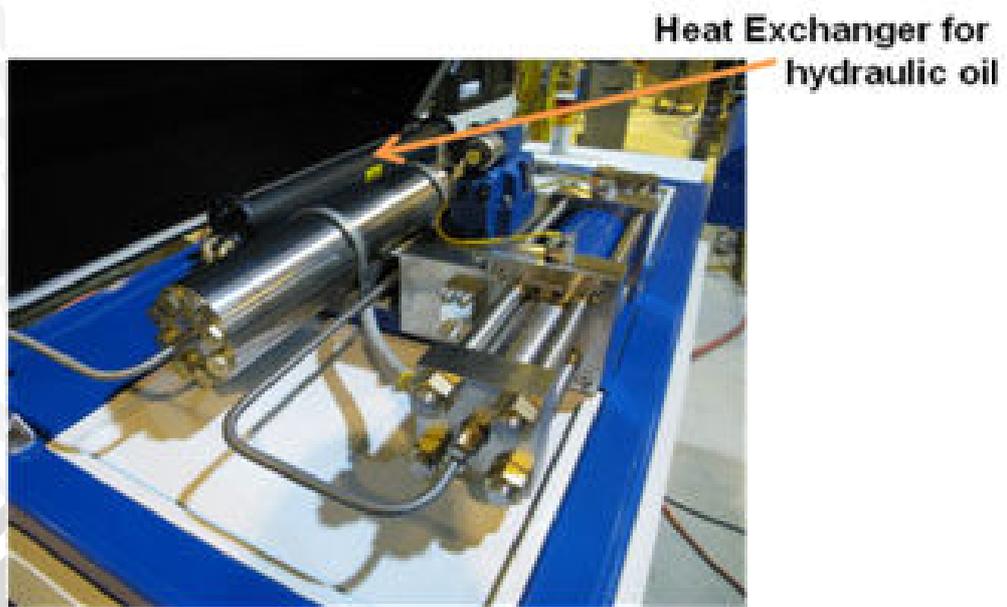
- Motor Output: 100 hp (75 kw)
- Tipe: *High Efficiency* TEFC electric motor
- Full load amps @ 460vac: (60Hz) 119
- Full load amps @ 230vac: (60Hz) 238

Intensifier

- Type: Single piston, dual plunger,
- Number of Intensifiers: Two
- Maximum Pressure: 90,000 static psi (6,200 bar)
- Intensification Ratio: 25:1
- Flow Rate: 1.45 gpm (5.49 lpm)
- Maximum Rated Orifice Size: 0.017" (0.43mm)
- 100,000 PSI-rated fittings and tubing

2.4.2 Heat exchanger

Heat exchanger digunakan untuk mendinginkan cairan hidrolik dari pompa *intensifier*. Biasanya suhu oli hidrolik harus dijaga di bawah 120 ° F (49 ° C) *heat exchanger* akan membutuhkan aliran air konsisten 0-8 gpm (0 sampai 30 liter per menit), pada suhu inlet tidak melebihi 70 ° F untuk menjaga cairan hidrolik pada suhu yang tepat. Pendinginan tambahan mungkin diperlukan jika intensifier dan / atau penukar panas terbatas pada ruang, kecil suhu tinggi, karena suhu lingkungan juga dapat mempengaruhi dalam pendinginan cairan hidrolik.

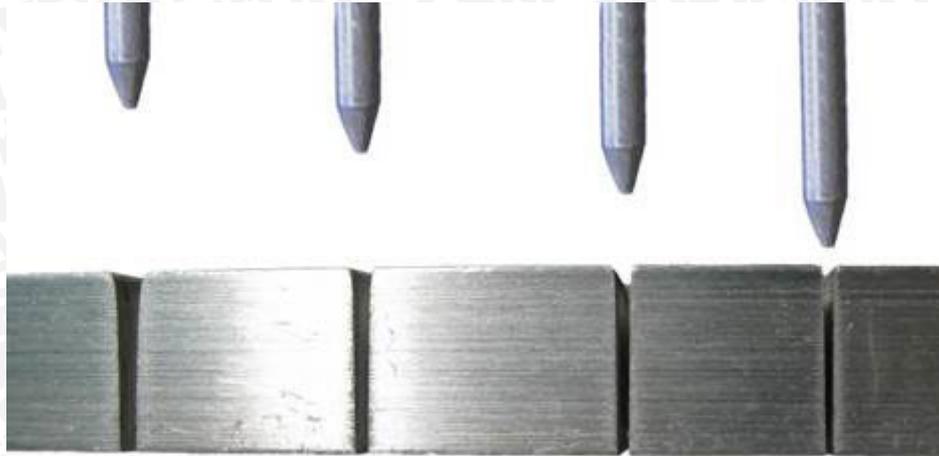


Gambar 2.25 *heat exchanger*

Sumber : <http://www.wardjet.com/03-how-it-works.html>

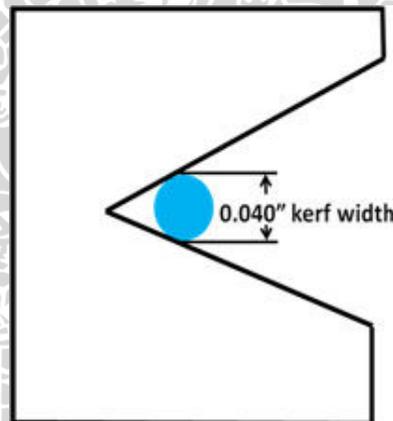
2.5 Pengaruh jarak pancaran *Water Jet Cutter* terhadap lebar *kerf*

Salah satu parameter yang berpengaruh adalah jarak pancaran air antara ujung *nozzle* dengan benda kerja yang dapat mempengaruhi kualitas hasil pemotongan yaitu lebar *kerf* pada benda kerja. Dalam memotong benda kerja, bahwa jika jarak pancaran air dari *nozzle* terlalu jauh, kekuatan pancaran air tidak mampu sepenuhnya menembus material yang akan dipotong, dan sebaliknya jika jarak pancaran air dari *nozzle* terlalu dekat maka kualitas hasil material yang akan dipotong menjadi kurang baik. Untuk memotong kualitas terbaik, jarak optimal antara *nozzle* dan benda kerja harus dipertahankan. Hal ini terjadi karena aliran *waterjet loses koherensi* yang diakibatkan perjalanan melalui udara terbuka. Peningkatan tinggi *nozzle* juga akan mengakibatkan lebar *kerf* meningkat. Jika jarak antara *nozzle* dan benda kerja ditingkatkan sebesar $\frac{1}{4}$, pemotongan kecepatan harus dikurangi sekitar 20% untuk mencapai hasil yang sama sehubungan dengan kualitas toleransi dan tepi dari material.



Gambar 2.26 jarak antara ujung *nozzle* dengan benda kerja
Sumber : <http://www.wardjet.com/01-waterjet-cutting-characteristics.html>

Karena aliran *waterjet* adalah alat bulat, dengan diameter antara 0,030 "dan 0,040" (0,76 mm dan 1,02 mm) untuk memotong, sehingga sudut yang dihasilkan tidak bisa berbentuk persegi.



Gambar 2.27 diameter satu tetes air terhadap benda kerja
Sumber : <http://www.wardjet.com/01-waterjet-cutting-characteristics.html>

2.6 Graphite Gasket

Gasket mempunyai fungsi yang sama dengan seal ring yaitu untuk mencegah kebocoran karena terdapatnya rongga antara dua benda yang direkatkan. Namun gasket mempunyai bentuk dan ukuran yang lebih bervariasi dibandingkan dengan Seal ring, seperti kotak, trapesium, segitiga, dll. Dalam penggunaannya, gasket mengalami tekanan yang

menyebabkan ia berubah bentuk (gepeng). Agar dapat berfungsi dengan baik, gasket wajib memiliki sifat pampatan tetap (*compression set*) yang baik sehingga dia dapat mempertahankan bentuk awalnya pada saat terkena tekanan atau mengalami deformasi bentuk. Seringkali gasket beroperasi pada temperatur yang tinggi/rendah, maka hendaknya gasket tersebut mempunyai ketahanan yang baik terhadap suhu panas/dingin.

Graphite gasket adalah gasket yang paling tahan untuk menahan suhu tinggi dan tekanan. *Graphite* gasket menggunakan tape grafit sebagai bahan pengisi, sehingga *graphite* gasket cenderung keras. Gasket jenis ini banyak digunakan dalam penyegelan untuk mesin, pompa pipa dan katup di industri listrik, industri minyak, industri kimia, dan industri yang lainnya.

2.7 Hipotesa

Perubahan jarak pancaran mempunyai pengaruh yang nyata terhadap lebar kerf hasil pemotongan menggunakan *water jet cutter*, dimana semakin tinggi jarak pancaran lebar kerf semakin lebar, dan berlaku juga sebaliknya. Namun jika jarak pancaran air terlalu dekat dengan benda kerja, lebar *kerf* akan semakin besar.