

PROSES PEMESINAN NONKONVENSIONAL DENGAN ABRASIVE JET MACHINING

**Karya Ilmiah Telah Diseminarkan Untuk Melengkapi Persyaratan
Kenaikan Jabatan Fungsional Dari Lektor Ke Lektor Kepala
Di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Pada Tanggal 17 Februari 2009**



Oleh

**Al Antoni Akhmad, ST, MT
NIP : 132 301 578**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2009**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TIM PENILAI ANGKA KREDIT

LEMBAR PENGESAHAN
MAKALAH SEMINAR KENAIKAN PANGKAT / JABATAN

Makalah yang berjudul sebagai berikut :

“ Proses Pemesinan Non Konvensional Dengan Abrasive Jet Machining “

Telah diseminarkan pada Seminar Kenaikan Pangkat / Jabatan yang dilaksanakan

Pada hari/tanggal : Selasa, 17 Februari 2009

Bertempat di : Ruang Rapat Dekanat Fakultas Teknik Unsri

Dan telah dilakukan perbaikan dan perubahan sesuai dengan saran dan masukan yang disampaikan oleh para pembahas dan peserta yang hadir pada Seminar tersebut.

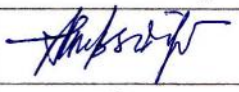


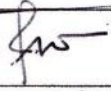

Inderalaya, 17 Februari 2009

Dosen Pengusul,



Al Antoni Akhmad, ST, MT.
NIP. 132 301 578.

Mengetahui :

No.	Fungsi	Nama/NIP	Tanda Tangan
1	Moderator Sidang	DR. MUHAMMAD ABU BAKAR SIDIK, ST. M.ENG 132231466	
2	Pembahas I	Dr. Ir. H. Kaprawi Sahin DEA 131467176	
3	Pembahas II	Dr. Ir. H. M. Hatta Panlan, M.Eng 131756200	
4	Wakil Peserta I	AMIR ANJIN, ST, MEM 132 307 103	
5	Wakil Peserta II	DAVID BAMPIN, ST, MT 132 308 920	

Fakultas Teknik Unsri

d/ Dekan,



Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri
NIP. 131 416 216

DAFTAR HADIR

Seminar Akademik Kenaikan Pangkat/Jabatan
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Hari / Tanggal : Selasa, 17 Februari 2009
 Waktu : 9.00 s/d Selesai
 Tempat : Ruang Rapat Dekanat Fakultas Teknik Unsri
 Nama Pemakalah :
 Judul Karya Ilmiah :

No	Nama	Jurusan	Tanda Tangan
1	Imron F. Istiriz	T. Sipil	1.
2	EDDY IBRAHIMA	T. T	2.
3	Pracetyawati	T. Kemis	3.
4	Lelly Nurul K	T. Kimia	4.
5	Yulia Hastuti, ST	T. Sipil	5.
6	AL Antoni Alhmad, ST, MT	T. Mesin	6.
7	Fajri vedhan, ST, MT	T. mesin	7.
8	ENDANG NIWIK D.H	T. KEMIS	8.
9	Imdatul C. Sulfana	T. SIPIL	9.
10	Betty Susanti	T. Sipil	10.
11	Rosi Bawani	T. Sipil	11.
12	Taufik Ari Gunawan	T. Sipil	12.
13	Fegian Hadinata	T. Sipil	13.
14	ANZUMA, P	T. ARS	14.
15	Budhi Selawen	T. Sipil	15.

Panitia Pelaksana :
Ketua,


 Dr. Ir. Dinar Dwi AP, M.SPj
 NIP. 131 602 983





DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

PIAGAM PENGHARGAAN

Diberikan kepada :

Al Antoni Akhmad, S.T, M.T.

sebagai

Penyaji

**Pada Seminar Akademik Kenaikan Pangkat / Jabatan
yang diselenggarakan oleh
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Tanggal, 17 Februari 2009

Inderalaya, 17 Februari 2009



Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri.

NIP. 131 416 216.

1. PENDAHULUAN

Teknologi yang digunakan oleh manusia selalu mengalami perubahan seiring dengan perkembangan zaman. Perubahan teknologi tersebut semakin hari semakin bertambah canggih dan semakin kompleks.

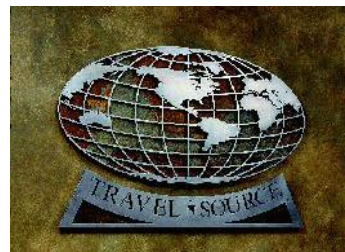
1.1. Latar Belakang

Sekarang ini material yang digunakan untuk pembuatan aksesoris untuk lantai, dinding dan aksesoris yang lainnya di perkantoran, pusat perbelanjaan, perumahan bahkan dalam berbagai jenis kendaraan dalam kehidupan sehari-hari sudah sangat bervariasi dan semakin berkembang. Misalnya untuk lantai pusat perbelanjaan misalnya, pada tahun 1980-1990 material yang digunakan marmer dan traso, tahun 1990-2000 material yang digunakan keramik yang disusun dengan berbagai kombinasi warna dengan bentuk yang sederhana. Sejak tahun 2000 material yang *trend* digunakan adalah keramik dan granit dengan bentuk pola yang beraneka ragam seperti hewan, bunga atau bentuk-bentuk tertentu seperti gambar berikut.



Gambar 1.1 Aksesoris Lantai dari keramik dan granit.

Untuk merek nama suatu tempat misalnya sebagai berikut.



Gambar 1.2 Merek dari logam dan huruf dari granit.

Sedangkan untuk Aksesori yang lainnya bisa berbentuk seperti berikut.



Gambar 1.3 Aksesori dari glas/kaca.

Semua benda-benda seperti gambar diatas tidak mungkin dapat dibuat secara manual. Jika dibuat oleh pabrik, maka pabrik pasti memilih jenis mesin yang dapat melakukan dalam satu proses, cepat, murah, efektif dan efisien. yaitu dengan menggunakan Abrasive Jet Machine.

Perbandingan proses pemotongan dari situs www.iwmwaterjet.com dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 1.1. Perbandingan proses pemotongan.

Proses	Kecepatan	HAZ	Ketelitian	Jenis Material
Abrasive Jet Machine	tinggi	Tidak ada	Cukup baik	Metal, kaca, keramik, batu pualam (marble), granit dan lain-lain.
Wire EDM	rendah	Ada tapi Kecil	Tinggi (tergantung arus yang dipakai)	Logam yang dapat menghantarkan listrik
Laser	Baik untuk benda tipis	Ada tapi Kecil	Cukup baik	baja lunak tidak yang memantulkan cahaya (non-reflective mild steel)
Plasma	Tinggi	Ada	Rendah	Logam yang dapat menghantarkan listrik

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa proses yang dapat digunakan oleh berbagai jenis material tanpa menghasilkan daerah HAZ yaitu Abrasive Jet Machine.

Menurut “Frost And Sullivan” sebuah perusahaan peneliti pasar, Abrasive Jet Machine adalah jenis mesin yang pertumbuhannya tercepat dalam industri mesin perkakas. Kutipan artikelnya dapat dibaca sebagai berikut.

"The waterjet machine tool market has emerged as the fastest growing market segment, with a growth rate forecast at 9.1 percent for the forecast period [1997-2004], says Frost & Sullivan analyst Vinay Kaul. Both the waterjet machining process and the laser machining process cut metals and several other materials. However, the waterjet machines are less expensive than laser machines, and are functionally superior to conventional metal cutting machines. Waterjet technology has become a viable solution for end users, due to the availability of sophisticated software."

[-http://www.frost.com/verity/press/industrial/pr544710.htm](http://www.frost.com/verity/press/industrial/pr544710.htm)

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka penulis mencoba untuk membuat suatu makalah tentang proses Abrasive Jet Machining ini.

1.2. Perumusan Masalah

Untuk mempermudah pembahasan dalam makalah ini maka penulis merumuskan beberapa rumusan masalah sebagai acuan pembuatan makalah ini. Adapun beberapa rumusan tersebut antara lain :

1. Bagaimana prinsip kerja proses Abrasive Jet Machining?
2. Ada berapa jenis Abrasive Jet Machining
3. Apa saja keuntungan dan kerugian dari Abrasive Jet Machining?
4. Hal-hal apa saja yang perlu diperhatikan supaya efektif bekerja dengan Abrasive Jet Machining?.

1.3. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan makalah ini adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana prinsip kerja proses Abrasive Jet Machining
2. Untuk memenuhi persyaratan untuk kenaikan pangkat.
3. Untuk mengembangkan kemampuan penulis dalam menganalisa suatu permasalahan

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sejarah Perkembangan

Pemotongan dengan *water jet* telah lama digunakan terutama dalam penambangan batubara dengan sistem hidrolik di Uni Soviet dan Selandia Baru. Air dikumpulkan dari sungai dan disemurkan terhadap batuan sehingga lapisan batuan dan batubara tersebut terlepas. Cara ini dikembangkan kembali di pertambangan emas di Afrika Selatan untuk mengumpulkan batuan yang telah diledakkan ke dalam area pengumpulan. Di California antara tahun 1853-1886, air bertekanan pertama kali digunakan untuk mengangkut biji emas dari daerah penggalian. Di awal 1900-an metoda tersebut mencapai Prusia dan Rusia. Di kedua negara tersebut air bertekanan digunakan untuk membersihkan batubara yang telah diledakkan.

Sekitar tahun 1930-an di Russia dicoba pemotongan batuan dengan air bertekanan, dengan menggunakan kanon air yang menghasilkan tekanan sebesar 7000 Bar. Pada tahun 1970-an di Amerika Serikat dikembangkan teknologi yang mampu menghasilkan tekanan sebesar 40,000 Bar. Kebanyakan pertambangan dengan *water jet* maju pesat karena menggabungkan sistem pengeboran dengan *water jet*. Di tahun 1972 Norman Franz dari Michigan, AS, bersama *McCartney Manufacturing Co.* berusaha memasang *water jet cutting* pertama untuk industri di Alton Boxboard. Flow industries juga memulai untuk memasarkan mesin *water jet untuk* industri pemesinan. Dia juga yang menambahkan pasir ke dalam sistem pembersih yang bertekanan untuk mendapatkan hasil akhir keputihan dari permukaan logam. Kemudian terbukti, bahwa *abrasive water jet* mampu memotong logam dan keramik, hal tersebut salah satunya dirintis oleh John Olsen. Dari sinilah industri pemotongan dengan *water jet* dimulai.

Pada tahun 1990, kemajuan yang pesat dalam teknologi *water jet* menjadikannya semakin populer di dunia industri (bengkel) pemesinan. Saat ini banyak perusahaan mendapatkan keuntungan melalui penggantian sejumlah proses pemesinan konvensional dengan metoda *water jet cutting*.

Sekarang Abrasive Jet Machine yang dikembangkan untuk sudah semakin canggih, diantaranya ada yang disebut *Abrasive FluidJet (AFJ) 5 axis* dan *Abrasive Cryogenic Jet (ACJ)*.

2.2. Jenis Material yang bisa diproses dengan *Abrasive Jet Machining*

Tidak seperti jenis mesin nonkonvensional yang lain, dengan mesin ini hampir semua jenis material dapat dipotong. Sebagian besar material tersebut dapat berupa : logam, plastic, glass, keramik dan batu-batuan lainnya.

2.3. Peralatan *Safety* yang diperlukan

Peralatan *safety* yang diperlukan bila menggunakan *Abrasive Jet Machining*, yang paling penting adalah:

1. Kaca Mata.
2. Penutup Telinga.
3. Sarung Tangan.

Selain peralatan *safety* diatas ada beberapa hal yang perlu dipersiapkan bila kita menggunakan *Abrasive Jet Machining* ini, yaitu :

1. *Sponges* untuk *muffs* untuk menjaga kebersihan *Abrasive Jet Nozzle*.
2. Baja, kuningan atau logam lain untuk menjepit material selama proses pemesinan.
3. Plat-plat Stainless steel untuk menahan/menjepit material supaya tidak bergerak saat proses pemesinan.
4. Kain percah / tisu untuk membersihkan benda yang telah dibuat.
5. Sistem air bersih untuk membersihkan benda yang sudah dibuat.

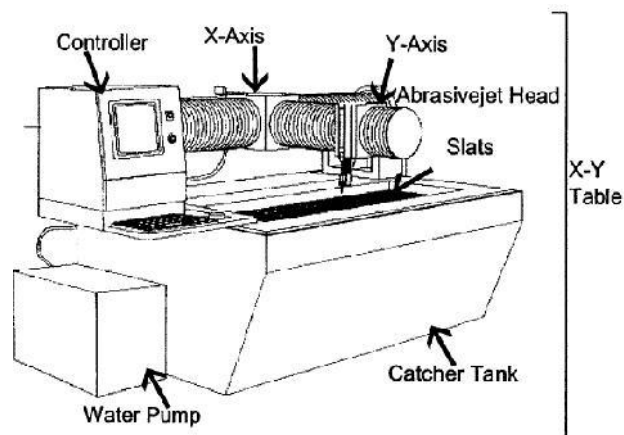
2.4. Komponen Utama Abrasive Jet Machining

Komponen utama Abrasive Jet Machining ini terdiri dari beberapa macam alat, yaitu sebagai berikut ;

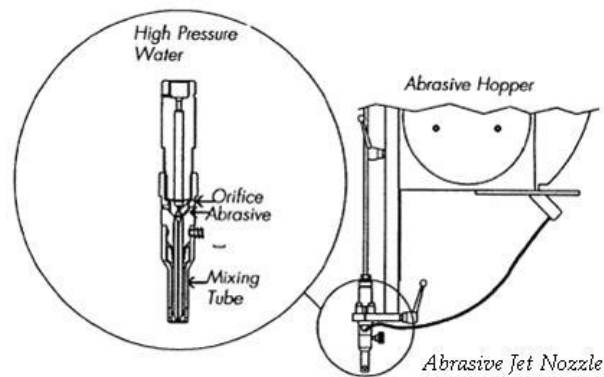
1. Mekanisme bertekanan tinggi, terdiri dari motor penggerak dengan *variable frequency drive (VFD)*, pompa air (jenis *intensifier pump* dan *crankshaf pump*) dan *abrasive jet nozzle*.

2. Meja pemotongan benda kerja, terdiri dari *catcher tank*, *abrasive jet head* dan *slats*.
3. Mekanisme *filter* air dan penyuplai air
4. Mekanisme penyuplai abrasif (*abrasive hopper*).
5. Sistem kontrol program (*controller PC*)

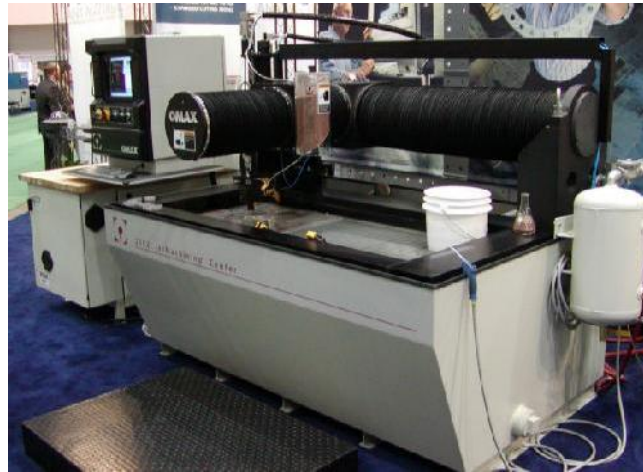
Mengenai bagaimana bentuk komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada gambar-gambar berikut :



Gambar 2.1. Komponen Abrasive Jet Machine.



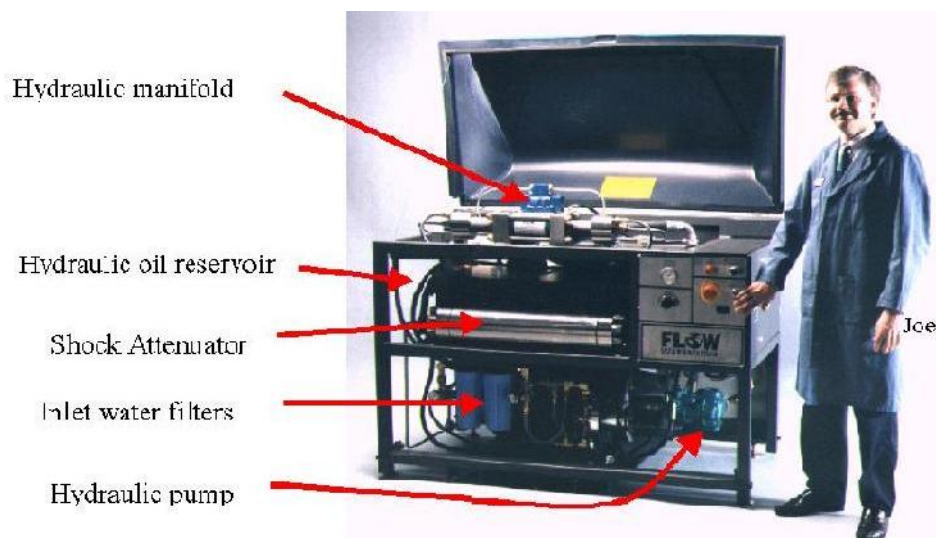
Gambar 2.2. Abrasive Jet Nozzle dan Abrasive hopper.



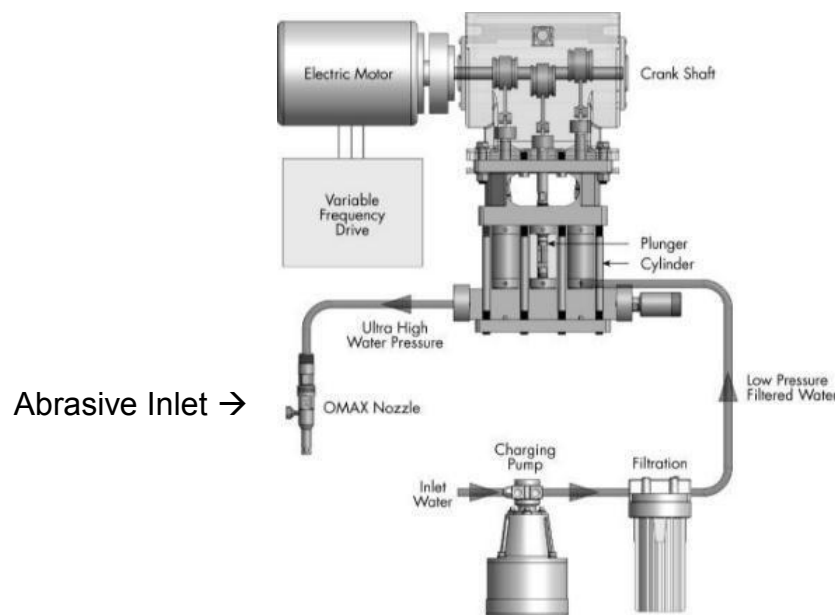
Gambar 2.3. OMAX 2652 JetMachining® center, salah satu jenis *abrasive jet machining*



Gambar 2.4. Salah satu contoh *intensifier pump* “Ingersol Rand” SL-IV 50hp.



Gambar 2.5 . Contoh *intensifier pump* dalam bentuk yang lain.





Gambar 2.6.. Mekanisme crankshaft pump





2.5. Jenis Serbuk Abrasive

Di dunia industri, biasanya digunakan batu *garnet* 80 *mesh* sebagai abrasif. Namun, bisa juga digunakan abrasif yang lebih keras untuk pemotongan yang sedikit lebih cepat. Abrasif yang lebih keras bisa mempercepat keausan dalam tabung pencampur pada *nozzle*. Itulah alasannya, kenapa umumnya digunakan *garnet*. Namun tidak semua *garnet* sama. Sangat beragam kemurnian, kekerasan, ketajamannya, dan sebagainya, yang berpengaruh terhadap kecepatan potong dan biaya operasional.

Jenis batu-batuan yang sering dipakai untuk *garnet* tersebut dapat dilihat seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1. Berbagai jenis batu-batuan untuk *garnet*.

Nama	Gambar	Rumus Kimia	Keterangan / Asal
Nesosilicates		$(\text{SiO}_4)_3$	Merupakan unsur pencampur untuk batu-batuan yang lain.
Pyrope		$\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Macon County (Carolina utara), Madagascar, Cekoslovakia.
Almandine		$\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Alabanda, Asia

Spessartite		$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$	Madagaskar, Colorado dan Maine.
Andradite		$Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$	Pegunungan Ural di Russia
Grossular		$Ca_3Al_2Si_3O_{12}$	Yunani, Siberia
Uvarovite		$Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$	Pegunungan Ural di Russia dan Outokumpu, Finlandia

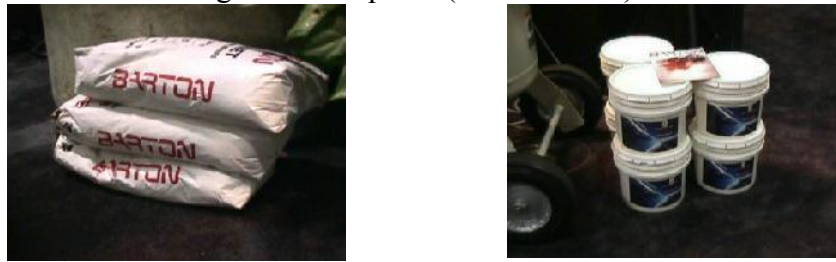
Semua batu-batuan tersebut diatas diproses lebih lanjut sehingga menghasilkan garnet seperti berikut.

Tabel 2.2. Berbagai jenis partikel abrasif dan pemakaiannya.

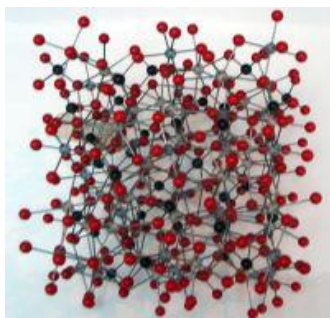
No	Jenis Abrasif	Ukuran Butir	Pemakaian
1	Aluminium Oksida (Al_2O_3)	12 – 50 μm	- Untuk memotong - Untuk membuat celah
2	Silicium Carbide (SiC)	25 – 40 μm	
3	Sodium Bikarbonat ($NaHCO_3$)	27 μm	- Pengerjaan akhir (finishing)
4	Dolomite ($CaMg(CO_3)_2$)	200 mesh	- Etching & polishing
5	Garnet (Almandit & Andradit)	30 – 80 Mesh	- Untuk memotong - Untuk membuat celah
6	Butiran gelas	0,635 – 1,27 mm	- Untuk polishing & deburing



Gambar 2.7. Mesin pembuat granet (atas), granet baru ditambang (kiri bawah), granet Sian pakai (kanan bawah).



Gambar 2.8. Partikel abrasif *garnet* yang ada di pasaran tersedia dalam kemasan karung seberat 100 lb (44 Kg) dan 50 Lb (22 Kg), dan dalam ember.



a



b

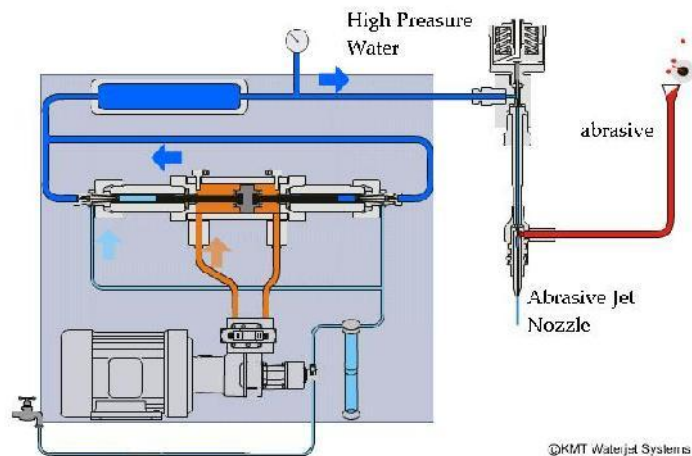
Gambar 2.9. a). Bentukstruktur batu garnet, b). Batu *garnet* yang baru ditambang dari [Barton Mines](#) Amerika Serikat yang paling banyak dipakai.

Biasanya, *abrasive jet* memakai 0.25 dan 0.5 kg abrasif / menit. Untuk tiap ukuran dan tekanan *nozzle* ada *sweet spot* dimana abrasif dengan *flow rate* tertentu akan memotong lebih cepat, dan pada *flow rate* berapa akan memotong dengan biaya termurah.

3. PEMBAHASAN

3.1. Prinsip Kerja Proses Abrasive Jet Machining

Prinsip dasar dari *abrasive jet machining* adalah adanya pemusatan aliran fluida dan partikel abrasif dengan kecepatan dan tekanan tinggi / *Ultra High Pressure* (UHP) pada benda kerja. *Metal removal* pada benda kerja terjadi karena adanya efek *shearing* oleh partikel abrasif disertai oleh efek abrasi dan erosi oleh aliran fluida dan partikel. Perlu diingat bahwa air yang mengalir berkecepatan sangat tinggi menuju *nozzle* secara wujud adalah berubah menjadi gas.



Gambar 3.1. Prinsip Kerja AJM

Semua sistem *abrasive je* (dalam hal ini *abrasive jet machine*) memakai *nozzle* dua tingkat dengan prinsip dasar yang sama seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.2. Skema *nozzle abrasive jet* yang umum (kiri), tabung pencampur/*mixing tube* (kanan atas), dan *jewel* diletakkan pada *steel insert* (kanan bawah) .

Kecepatan potong pada *Abrasive Jet Machining*

Besar daya potong yang keluar dari *nozzle* ditentukan oleh besarnya tekanan dan diameter lubang orifis "*jewel*" (ukuran *jewel*). Untuk menjelaskan konsep tersebut, perhatikan tabel kombinasi *nozzle* di bawah dalam beragam tekanan :

Tabel 3.1. Kombinasi *jewel* dengan tekanan pompa dan daya pemotongan.

	30,000 PSI	40,000 PSI	50,000 PSI	100,000 PSI
0.010" <i>Jewel</i>	5.84 HP	8.99 HP	12.56 HP	35.52 HP
0.012" <i>Jewel</i>	8.40 HP	12.94 HP	18.08 HP	51.15 HP
0.014" <i>Jewel</i>	11.44 HP	17.61 HP	24.61 HP	69.62 HP
0.016" <i>Jewel</i>	14.94 HP	23.0 HP	32.15 HP	90.93 HP

Dari tabel di atas terlihat bahwa, pada tekanan 100,000 PSI, daya pemotongannya adalah 35.52 horsepower, jika memakai *jewel* dengan diameter 0.010". Bandingkan dengan sistem yang memompakan tekanan sebesar 50,000 PSI (setengahnya dari yang terdahulu) melalui *jewel* dengan diameter 0.016", tetap memotong dengan daya yang hampir sama. Jelas, bahwa tekanan tidak begitu berarti di sini.

Contoh yang paling ekstrim, sebuah *jewel* tanpa lubang dengan tekanan di atasnya sebesar 1,000,000 PSI. Disini kita memiliki tekanan yang besar, namun tidak ada air yang keluar. Bagaimana bisa memotong? Jelas tidak akan bisa. Artinya *horsepower* pada *nozzle* (*cutting horsepower*), bukan daya dari motor penggerak pompa (*pump horsepower*), ataupun tekanan yang menentukan seberapa cepat suatu material dapat dipotong.

Menurut Olsen kecepatan pemotongan pada AJM adalah :

$$V = \left(\frac{f_a \cdot M \cdot P^{1.594} \cdot d^{1.374} \cdot M_a^{0.343}}{163 \cdot Q \cdot H \cdot D_m^{0.618}} \right) \quad \text{Dimana:}$$

P = Tekanan stagnasi *water*

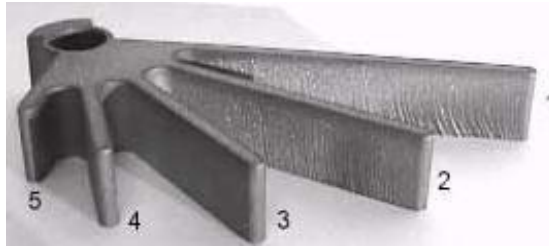
jet dalam 1000-an psi (Ksi), umumnya 50,000 psi

d = Diameter orifis dalam inci, umumnya 0.014

M_a = laju aliran abrasive dalam lb./min., umumnya 0.8

f_a = Faktor abrasif (*garnet* 1,0)

Q = Kualitas seperti Gambar 3.3. diatur pada 1.0 untuk menghitung kecepatan potong / separation speed



Gambar 3.3. Contoh hasil pemotongan dengan memakai *AJM*.

H = Ketebalan material dalam inci (atau dalam milimeter $1'' = 25,4$ mm)

D_m = Diameter tabung pencampur (dalam inci, biasanya 0.030 – 0.040)

V = Kecepatan gerak melintang / traverse speed dalam inci/min.

M = Mampu dimesin dari material (lihat tabel di bawah).

Tabel 3.2. Daftar mampu mesin material untuk perhitungan kecepatan pemotongan pada *abrasive jet machining*.

No	Material	M
1	Hardened Tool Steel	80
2	Mild Steel	87
3	Copper	110
4	Titanium	115
5	Aluminum	213
6	Granite	322
7	Plexiglas TM	690
8	Kayu Pinus	2,637

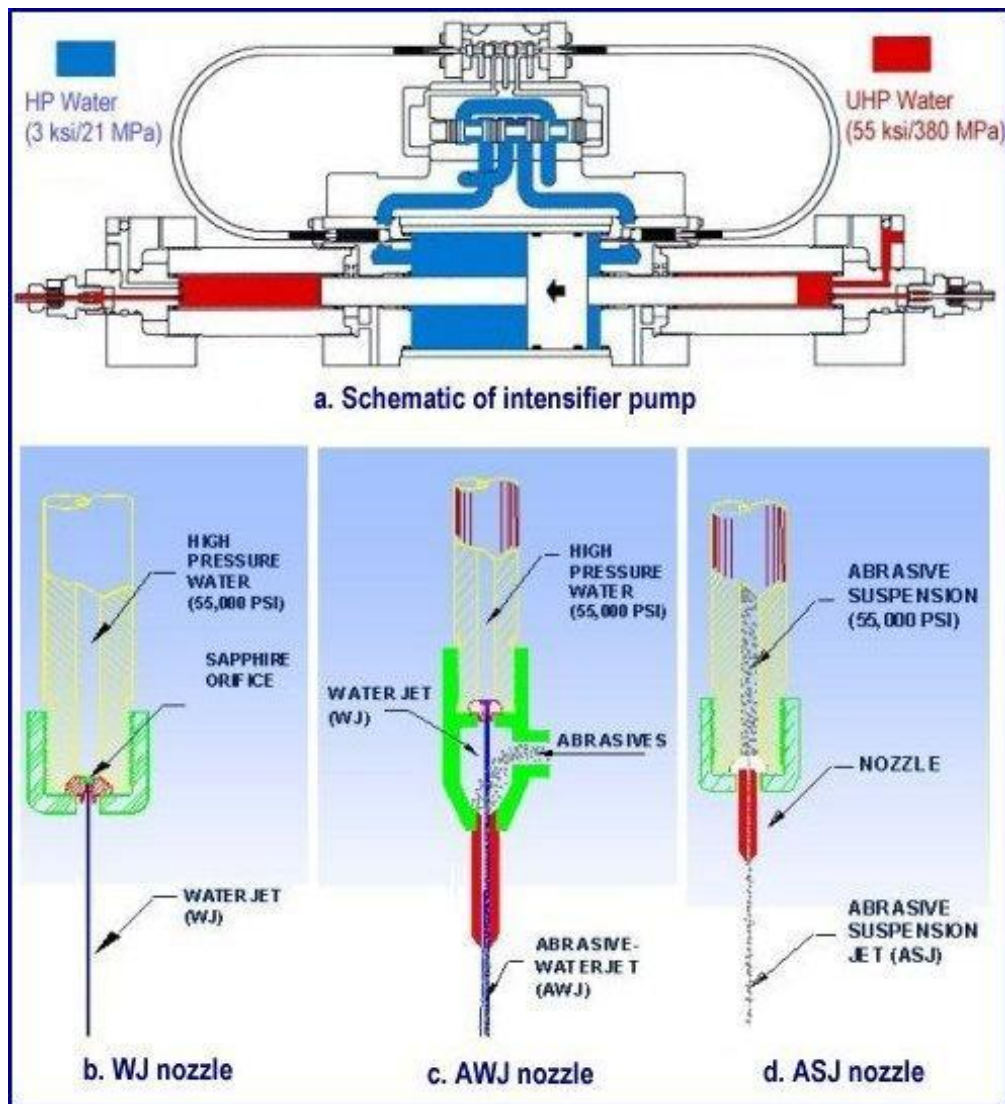
Dalam kondisi sebenarnya, produk / komponen dibuat dengan 10 – 50 persen dari separation speed, tergantung dari pengerjaan akhir permukaan dan sisi sudut yang dikehendaki. Apabila ketebalan material menjadi dua kalinya, maka kecepatan potong menjadi lebih dari setengah. Ini berarti memotong benda yang ditumpuk (lebih dari satu) adalah tidak baik, karena jika hanya memotong satu buah benda kerja waktunya adalah kurang dari setengah lamanya waktu

memotong dengan ketebalan ganda. Namun, untuk benda kerja yang tipis, prosesnya bergantung kepada kecepatan tertinggi dari mesin, dan penumpukan benda kerja akan efektif hingga setinggi 0.25 inci.

3.2. Jenis Abrasive Jet Machining

Sebenarnya secara umum berdasarkan istilah-istilah yang diperoleh oleh penulis dari internet, sekarang ini *abrasive jet machining* yang menggunakan cairan dalam prosesnya lebih sering disebut dengan *Abrasive Fluid Jet Machining* (AFJ Machining). Berdasarkan zat fluida yang dipakai maka AFJ Machining tersebut baru dikelaskan lagi.

Secara umum berdasarkan mekanisme kerjanya pemesinan dengan aliran fluida bertekanan tinggi ini dapat dilihat pada gambar diagram berikut.



Gambar 3.4. Skema UHP dan jenis prosesnya.

Adapun penggunaan dari masing jenis proses tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Water Jet Machining**, proses ini sering digunakan untuk memotong bahan-bahan yang lunak seperti daging, sayuran, ikan, berbagai jenis makanan dan bahan-bahan lain yang lunak seperti pada gambar berikut.



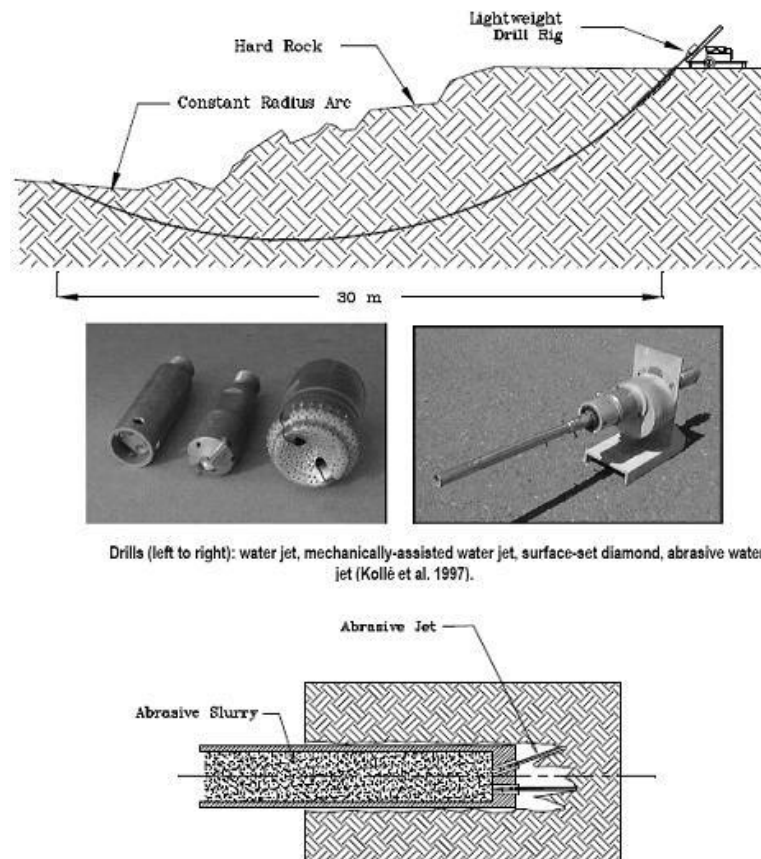
Gambar 3.5. Aplikasi pemakaian *Water Jet Machining*.

2. ***Abrasive Water Jet Machining***, proses ini sering digunakan untuk memotong bahan-bahan yang keras seperti : logam, keramik, plastic, kaca dan lain-lain seperti tampak pada gambar 1.1, gambar 1.2, gambar 1.3 dan gambar berikut.



Gambar 3.6. Aplikasi pemakaian *Abrasive Water Jet Machining*.

3. ***Abrasive Suspension Jet Machining***, proses ini sering digunakan untuk memotong batu-batuan di pertambangan. Istilah *Abrasive Suspension Jet Machining* ini ada juga yang menyebutnya *Abrasive Slurry Jet Machining*, yang jelas maknanya sama saja, yaitu sama-sama menggunakan media fluida minyak dan zat *abrasive*-nya langsung dicampur dengan fluida tersebut. Aplikasi di pertambangan pemakaiannya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.7. Aplikasi pemakaian *Abrasive Suspension/Slurry Jet Machining* untuk membelah batu-batuan di pertambangan.

Seperti yang telah disinggung dalam sub 2.1 pada paragraph ke-5 bahwa sekarang perkembangan *Abrasive Jet Machining* sudah semakin canggih, selain WJ, AWJ, dan ASJ seperti diuraikan diatas, sekarang sudah dikembangkan juga *Abrasive Jet Machining* jenis baru, yaitu : *Abrasive FluidJet (AFJ) 5 axis* dan *Abrasive Cryogenic Jet (ACJ)*.

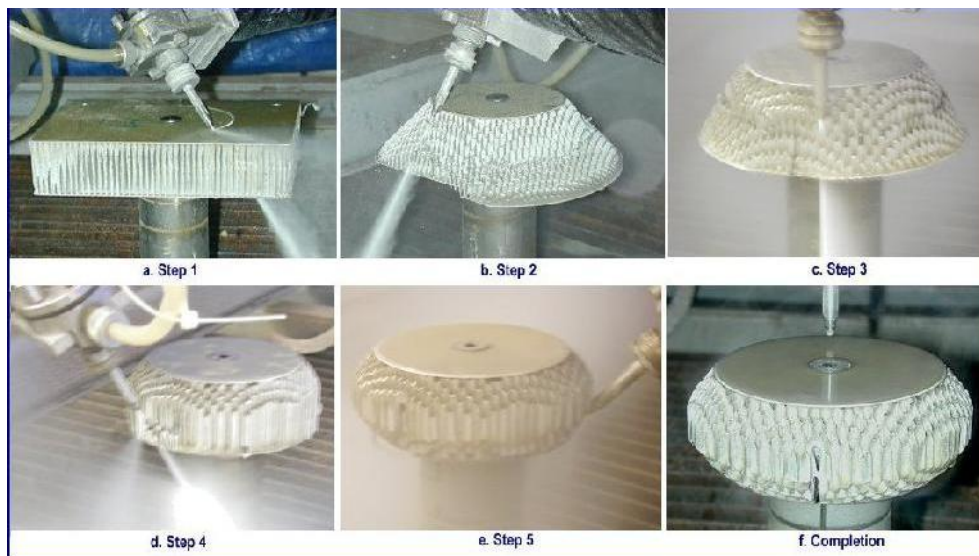
Abrasive FluidJet (AFJ) 5 axis merupakan pengembangan dari *Abrasive Water Jet Machine*, fluida yang digunakan tetap air dan serbuk *abrasive* yang digunakan tetap garnet. Berbeda dengan AWJ Machine yang *Abrasive Jet Nozzle*-nya hanya bergerak translasi pada sumbu x dan y, maka pada AFJ 5 axis ini selain gerak translasi juga bias rotasi. Prinsipnya sama seperti pada mesin CNC Centre, bedanya dengan mesin CNC Centre, meja benda kerja dan benda kerja di AFJ 5 axis ini tidak bergerak, hanya *Abrasive Jet Nozzle*-nya saja yang bergerak. AFJ 5

axis ini biasanya digunakan untuk membuat benda-benda yang kompleks bentuknya. Bentuk dari AFJ 5 axis ini dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



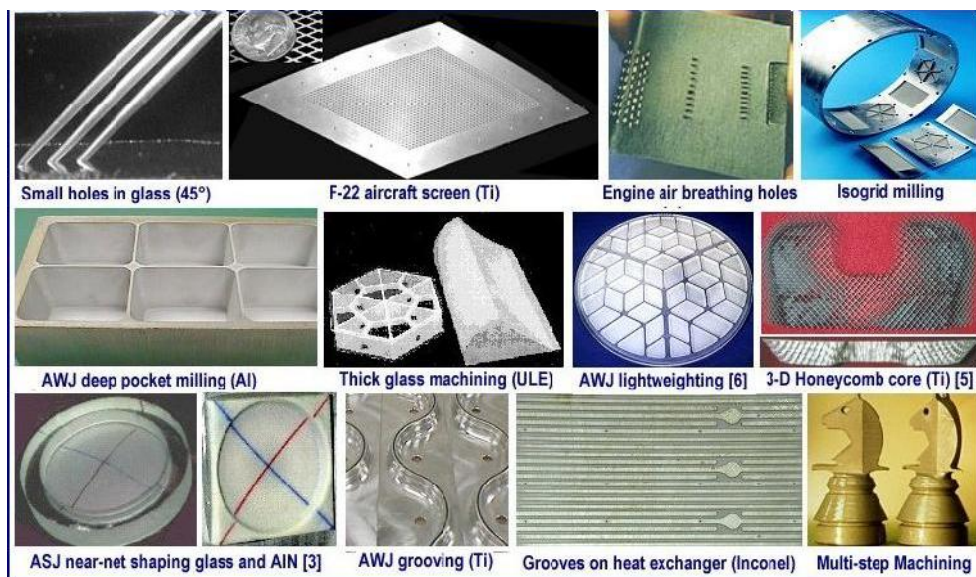
Gambar 3.8. *Abrasive Fluid Jet Machine 5 axis Workstation.*

Contoh aplikasi dari AFJ 5 axis ini dapat dilihat pada gambar berikut dalam proses pembuatan *Honeycomb Panel* dengan material aluminium.



Gambar 3.9. 5 langkah pembuatan profil *Honeycomb Panel* dengan material Aluminium.

Bentuk benda yang lainnya yang dibuat dengan AFJ 5 axis ini dapat dilihat pada gambar berikut.

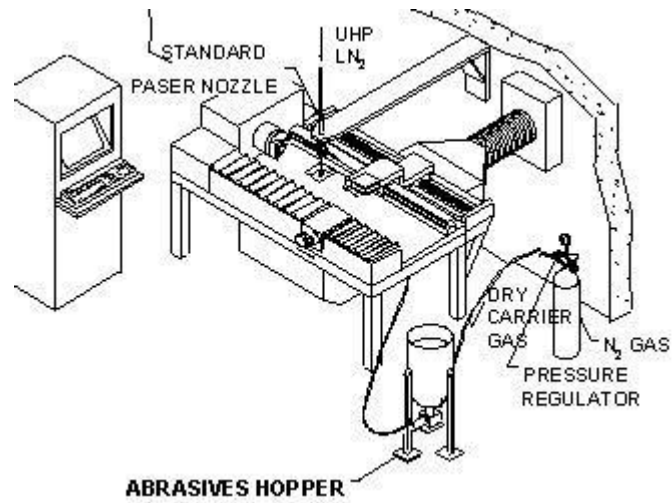


Gambar 3.10. Berbagai bentuk benda yang dibuat dengan AFJ 5 axis.

Berbeda dengan *Abrasive FluidJet (AFJ) 5 axis*, pada *Abrasive Cryogenic Jet (ACJ)* fluida yang digunakan adalah Nitrogen cair (LN_2) dan zat abrasif yang digunakan adalah gas Karbon dioksida (CO_2). ACJ ini digunakan untuk membuat komponen peralatan yang sangat memperhatikan ketelitian dan keakuratan ukuran. Dibanding dengan jenis AFJ yang ada, ACJ ini merupakan yang paling tinggi keakuratannya. ACJ ini banyak dipakai pada pembuatan peralatan untuk Nuklir baik untuk PLTN, pesawat dan komponen peralatan yang lainnya yang pada proses pembuatannya sedikitpun tidak boleh ada unsure air (H_2O). Karena pada dasarnya ACJ ini dikembangkan untuk memotong material-material yang sangat reaktif dengan air.

Selain itu ACJ ini juga dapat digunakan untuk membersihkan polusi limbah nuklir yang berbahaya yang tidak mungkin dibersihkan dengan air. Hal ini disebabkan karena zat nitrogen tidak akan meresap ke dalam lapisan suatu permukaan benda sampai ke dalam, jika kita membersihkan limbah nuklir dengan air bias saja dipermukaan bersih tapi jauh ke lapisan yang lebih dalam resapan air membawa limbah nuklir tersebut lebih menyebar dan mempersulit pembersihannya.

Jenis ACJ ini ada 2 macam, yaitu ACJ system terbuka dan AJC system tertutup, perbedaan keduanya dapat dilihat dari gambar 3.11 dan 3.12.



(a)



(b)

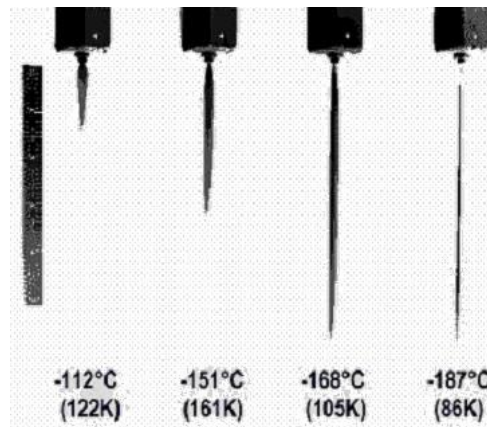
Gambar 3.11. (a). Abrasive Cryogenic Jet (ACJ) sistem terbuka, (b) Abrasive Cryogenic Jet (ACJ) sistem tertutup.

Untuk Abrasive Cryogenic Jet (ACJ) yang besar yang digunakan untuk memotong benda-benda yang besar, maka gas nitrogen cairnya harus ditampung dalam suatu tabung yang besar pula. Seperti nampak pada gambar 3.12.



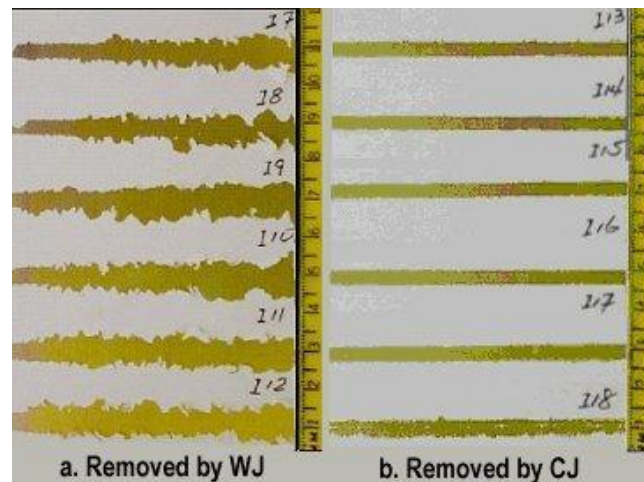
Gambar 3.12. Tabung Nitrogen cair pada *Abrasive Cryogenic Jet (ACJ)* dan sistem alirannya.

Bentuk slat yang dihasilkan pada *Abrasive Cryogenic Jet (ACJ)* ini tergantung dengan suhu, semakin rendah suhunya maka akan semakin kecil dan panjang bentuk *slat*-nya, artinya makin tinggi pula ketelitiannya. Beberapa bentuk slat yang dipengaruhi oleh suhu tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



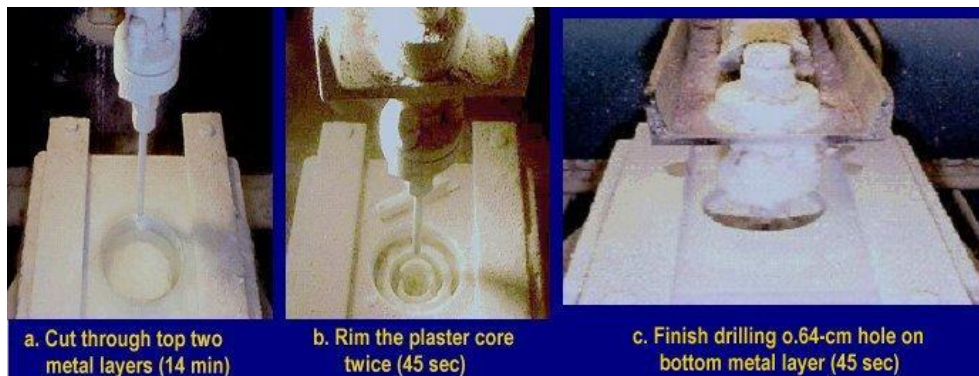
Gambar 3.13. Bentuk *Slat* pada *Abrasive Cryogenic Jet (ACJ)* dengan pembandingan mistar 30 cm.

Perbandingan ketelitian antara AWJ dengan ACJ dalam berbagai ukuran *slat* antara 1,0 mm sampai 1,9 mm yang diaplikasikan pada pembuangan lapisan cat pada suatu bodi pesawat terbang bentuknya dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14. Perbandingan bentuk *Slat* antara AWJ dan ACJ pada pembuangan cat pada bodi pesawat terbang tekanan 138 Mpa.

Pada gambar berikut dapat dilihat proses drilling komposit menggunakan *Abrasive Cryogenic Jet (ACJ)*, komposit yang di drilling ini merupakan komposit yang tidak boleh terkena air karena sifatnya reaktif, produk yang dibuat ini biasanya digunakan untuk komponen peralatan yang berhubungan dengan nuklir, baik untuk pesawat, senjata ataupun peralatan lainnya.



Gambar 3.15. Proses Drilling Komposit dengan ACJ.

Sedangkan pada gambar 3.16, dapat dilihat perbandingan lubang dengan intinya yang dibuat dengan menggunakan ACJ pada tekanan 207 Mpa.



Gambar 3.16. Perbandingan lubang dan intinya yang dibuat dengan ACJ pada tekanan 207-MPa.

3.3. Keuntungan dan Kerugian Abrasive Jet Machining

Pada dasarnya setiap mesin yang dipakai memiliki keuntungan dan kerugian masing-masing. Untuk *Abrasive Jet Machining* ini keuntungan dan kerugiannya tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut .

Keuntungan :

1. Dapat digunakan pada berbagai jenis material.
2. Kualitas permukaan hasil proses bagus.
3. Tidak adanya daerah HAZ dalam proses pemesinan.
4. Ramah lingkungan.
5. Tidak perlu mengganti *tool* untuk berbagai proses pemesinan.
6. Pahat potong tidak menjadi tumpul
7. Biaya operasi minimal.
8. *Minimal burr*

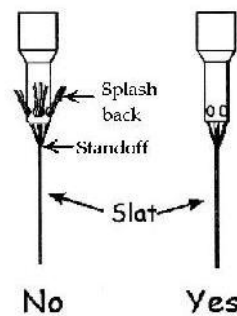
Kerugian :

1. Memerlukan biaya yang sedikit mahal untuk investasi awal.
2. Memerlukan operator yang terlatih

3.4. Hal-Hal Yang Perlu Diperhatikan Supaya Effektif Bekerja Dengan Abrasive Jet Machining

Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan supaya efektif bekerja dengan *Abrasive Jet Machining* adalah sebagai berikut :

1. Gunakan *abrasive jet nozzle standoff* kurang dari 0.040" (1 mm)
Semakin dekat jarak *standoff* dengan material yang akan dimesin, semakin kecil semprotan (taper) air+abrasive yang terjadi. Jarak yang ideal dari *standoff* dengan material adalah sedekat mungkin tanpa benar-benar menyentuh. Hal ini akan meningkatkan taper(semprotan) semakin kecil. Lakukan pre-piercing lubang pada suatu jarak tertentu untuk memperoleh hasil yang maksimal.
2. Hindari semua zat pencemar dalam zat abrasive dan air yang menyumbat tabung pencampuran(the mixing tube) seperti serbuk kertas, serbuk logam dan debu.
3. Ukur penyimpangan tool (sistem peralatan) secara teratur (Kalibrasi) untuk mendapatkan hasil produk yang memiliki keakuratan dan ketelitian yang tinggi.
4. Pastikan slats mempunyai bentuk tinggi yang seragam
Jika slats bentuk tingginya tidak seragam, pemotongan material tidak sempurna, akibatnya mempengaruhi ketelitian.
5. Jangan memesin diatas slat atau melewati batas standoff, ini akan menyebabkan percikan berlebihan dari tangki/tank dan akan cepat merusak material dan nozzle.
6. Putar pelindung nozzle (the nozzle guard) secara teratur untuk menghasilkan slat yang baik.

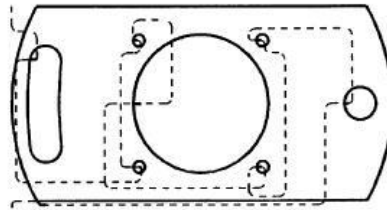


Gambar 3.17. Slat, Standoff dan Splashback

7. Penempatan material sebisa mungkin tegak lurus dengan arah slat.

8. Gunakan tab-tab (bagian benda yang dijadikan pemegang benda yang akan dibuang pada proses finishing) pada produk yang kecil.
9. Potong lubang-lubang yang bagian dalam dahulu baru bagian luar untuk keamanan produk.

Hal ini bertujuan untuk mempermudah pembuatan produk dan mencegah kerusakan pada produk, seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.18. Urutan pembuatan lubang pada *Abrasive Jet Machining*

10. Hati-hati produk melanting/terbalik yang dapat merusak nozzle.
11. Atur posisi berat produk supaya seimbang di atas kisi-kisi meja benda kerja.
12. Semburan abrasive jet nozzle usahakan selalu didalam/terendam air untuk mengurangi noise yang terjadi.
13. Gunakan muff (pelindung semburan) pada abrasive jet nozzle

Muff yang biasanya terbuat dari spons yang dipasang pada abrasive jet nozzle akan mengurangi noise dan semburan yang terjadi. Selain itu juga berfungsi menghalangi semburan abrasive mengenai bagian tubuh kita.



Gambar 3.19. Penggunaan *muff*

14. Gunakan sponges atau material lain bila diperlukan untuk menjaga keseimbangan material, meredam semprotan dan noise dan.

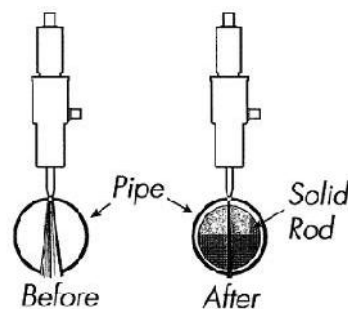
Sponges atau material lain berfungsi untuk menjaga keseimbangan material, menjaga kebersihan nozzle dan meredam semprotan dan noise abrasive jet.



Sumber : www.iqsdirectory.com

Gambar 3.20. Penggunaan sponges atau material pelapis saat pemotongan.

15. Jangan sembarang melakukan pemotongan material.
16. Selipkan material pelapis untuk memotong benda secara berlapis.
17. Memulai pemotongan dari tepi suatu material.
18. Hindari pemotongan material yang permukaannya tidak rata agar tidak merusak nozzle.
19. Tempatkan suatu solid material untuk mengisi rongga pada pemotongan pipa/tabung untuk menjaga agar bentuk slat tetap konstan dan pemotongan menjadi sempurna, sebagaimana dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.21. Penggunaan solid material untuk mengisi rongga.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari proses *Abrasive Jet Machining* (AJM) adalah sebagai berikut:

1. Proses AJM mulai semakin dikenal sejak tahun 1972 setelah Norman Franz dari Michigan, AS bersama *McCartney Manufacturing Co.* berusaha memasang *water jet cutting* pertama untuk industri di Alton Boxboard.
2. Prinsip dasar proses AJM ini yaitu mengalirkan zat abrasif dan air yang bertekanan tinggi sehingga mampu memotong material.
3. Semua jenis material seperti logam, plastik, glass, keramik dan batu-batuan lainnya dapat dipotong dengan proses AJM ini.
4. Keuntungan proses AJM ini adalah sebagai berikut :
 - Dapat digunakan pada berbagai jenis material.
 - Kualitas permukaan hasil proses bagus.
 - Tidak adanya daerah HAZ dalam proses pemesinan.
 - Ramah lingkungan.
 - Tidak perlu mengganti *tool* untuk berbagai proses pemesinan.
 - Pahat potong tidak menjadi tumpul
 - Biaya operasi minimal.
 - *Minimal burr*
5. Sedangkan kerugiannya adalah sebagai berikut :
 - Memerlukan biaya yang sedikit mahal untuk investasi awal.
 - Memerlukan operator yang terlatih.

4.2. Saran

Untuk mendapatkan produk hasil proses AJM yang baik kita harus mengoperasikan mesin sesuai dengan standarnya. Selain itu kita harus memperhatikan hal-hal yang bisa membuat kita lebih efektif dalam bekerja menggunakan *Abrasive Jet Machining* (AJM) ini, diantaranya seperti :

- Gunakan *abrasive jet nozzle standoff* kurang dari 0.040" (1 mm)
- Hindari semua zat pencemar dalam zat abrasives dan air.
- Pastikan slats mempunyai bentuk tinggi yang seragam
- Jangan memoles di atas slat atau melewati batas *standoff*.
- Putar pelindung nozzle (the nozzle guard) secara teratur untuk menghasilkan slat yang baik.
- Penempatan material sebisa mungkin tegak lurus dengan arah slat.
- Hati-hati produk melanting/terbalik yang dapat merusak nozzle.
- Atur posisi berat produk supaya seimbang di atas kisi-kisi meja benda kerja.
- Semburan *abrasive jet nozzle* usahakan selalu didalam/terendam air.
- Gunakan muff (pelindung semburan) pada *abrasive jet nozzle*
- Jangan sembarang melakukan pemotongan material.
- Selipkan material pelapis untuk memotong benda secara berlapis.
- Hindari pemotongan material yang permukaannya tidak rata.
- Tempatkan suatu solid material untuk mengisi rongga pada pemotongan pipa/tabung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Bagiasna, Komang, & Yuwono, Sigit, “*Proses – Proses Non Konvensional*”, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITB
- [2].E. Paul DeGarmo, J.T. Black, Ronald A. Kohser, “*Materials And Processes In Manufacturing*”, 8th, Prentice-Hall of India, New Delhi, 2002.
- [3].Hibbard, C., Liu, H.-T., Fang, S., and Miles, P. (2000) “*Low-Cost Manufacturing of Lightweight Airframe Structures – Prototype Development.*” Waterjet Technology Technical Report No. 810, February.
- [4]. <http://www.waterjets.org>
- [5]. <http://www.omax.com>
- [6]. <http://www.flowcorp.com>
- [7]. <http://www.media.mit.edu>
- [8]. <http://www.iwmwaterjet.com>
- [9]. <http://en.wikipedia.org>
- [10]. <http://www.kmtwaterjet.com>
- [11]. <http://www.torchmate.com>
- [12]. <http://videos.howstuffworks.com>
- [13]. <http://www.stereovisionengineering.net>
- [14]. <http://www.mech.unsw.edu.au>
- [15]. <http://www.waterjettingdirectory.com>
- [16]. <http://www.static.howstuffworks.com>