

**PENGARUH STAND OF DISTANCE NOZZLE PADA ABRASIVE
WATER JET TERHADAP LAJU KOROSI PERMUKAAN PADA
SPESIMEN STAINLESS STEEL 316L**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar sarjana teknik



DITTO RIZKY DESMAR DIKA
NIM. 135060200111057

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH TEKANAN PEMOTONGAN TERHADAP LAJU
KOROSI *STAINLESS STEEL* 316L DENGAN PROSES *ABRASIVE*
WATER JET CUTTING

JURNAL
TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



SATRIA PAMUNGKAS
NIM. 13506020011046

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada Agustus 2017

Dosen Pembimbing I

Rudianto Raharjo, ST., MT.
NIP. 19820225 201212 1 002

Dosen Pembimbing II

Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 201411 841123 1 001



Mengetahui
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

JUDUL SKRIPSI :

“PENGARUH *STAND OF DISTANCE NOZZLE* PADA *ABRASIVE WATER JET* TERHADAP LAJU KOROSI PERMUKAAN PADA SPESIMEN *STAINLESS STEEL 316L*”

Nama Mahasiswa : Ditto Rizky Desmar Dika

Nim : 135060200111057

Program Studi : Teknik Mesin

Konsentrasi : Teknik Produksi / Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing I : Rudianto Raharjo, ST., MT.

Dosen Pembimbing II : Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT.

Dosen Penguji II : Dr. Eng. Sofyan Arief Setyabudi, ST., M.Eng.

Dosen Penguji III : Khairul Anam, ST., Msc.

Tanggal Ujian : 27 Juli 2017

Sk Penguji : 922/UN10.6/SK/2017

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 14 Agustus 2017

Mahasiswa



Ditto Rizky Desmar Dika

NIM. 135060200111057

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	<i>Abrasive Water Jet Cutting Machine</i>	6
Gambar 2.2	Skema Abrasive Water Jet.....	7
Gambar 2.3	Hydrolic pump	8
Gambar 2.4	<i>proses intensifier</i>	9
Gambar 2.5	proses kerja intensifier 2	9
Gambar 2.6	intensifier dan acumulator	10
Gambar 2.7	<i>Nozzle AWJ</i>	10
Gambar 2.8	<i>Catcher</i>	11
Gambar 2.9	Stand Of Distance	11
Gambar 2.10	<i>Perbedaan mesin Non Konvensional</i>	12
Gambar 2.11	Korosi Merata	15
Gambar 2.12	Korosi Setempat	15
Gambar 2.13	Korosi Galvanik	16
Gambar 2.14	Pitting Corrosion	16
Gambar 2.15	Erosion Corrosion	16
Gambar 2.16	Pengujian Sel Tiga Elektroda	17
Gambar 3.1	<i>Abrasive Water Jet Cutting</i>	24
Gambar 3.2	<i>Personal Computer</i>	24
Gambar 3.3	<i>Sel Tiga Elektroda</i>	25
Gambar 4.1	Grafik Polarisasi.....	32
Gambar 4.2	Hubungan SOD dengan Icorr.....	33
Gambar 4.3	Hubungan Icorr dengan Laju Korosi	34
Gambar 4.4	Hubungan SOD dengan Laju Korosi	35
Gambar 4.5	Permukaan pembesaran 140x	37
Gambar 4.6	Hasil Pembesaran 400x permukaan.....	38
Gambar 4.7	Hubungan SOD dengan Kekasaran	39



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR TABEL v

DAFTAR GAMBAR vi

DAFTAR LAMPIRAN vii

RINGKASAN viii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Batasan Masalah 2

1.4 Tujuan Penelitian 2

1.5 Manfaat Penelitian 2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Penelitian Sebelumnya 5

2.2 *Abrasive Water Jet Cutting* 6

 2.2.1 Pengertian 6

 2.2.2 bagian-bagian pada *Abrasive Water Jet Cutter* 7

 2.2.3 Parameter pada *Abrasive Water Jet Cutter* 11

 2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan 12

2.3 Energi Kinetik untuk *Abrasive Water Jet* 12

2.4 Kekasaran Permukaan 13

 2.4.1 Permukaan dan Profil 13

 2.4.2 Parameter 13

 2.4.3 Hubungan Kekasaran dan Laju Korosi 13

 2.4.4 Laju Korosi 17

 2.4.5 Metode Perhitungan Laju Korosi 17

2.5 Korosi 14

 2.5.1 *Pengertian* 14

 2.5.2 Penyebab Krosi 14

 2.5.3 Bentuk Korosi 14

 2.5.4 Laju Korosi 17

 2.5.5 Metode Perhitungan Laju Korosi 17



2.3.6 Reaksi Kimia	19
2.4 Hubungan antara Laju Korosi dengan Stand of Distance	19
2.5 Stainless Steel 316L	20
2.6 Hipotesis	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Metode Penelitian	23
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	23
3.3 Variabel Penelitian.....	23
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.5 Dimensi Benda Kerja.....	24
3.6 Prosedur Penelitian	25
3.7 Rancangan Penelitian.....	26
3.8 Diagram Alir Penelitian	26
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Data Hasil Pengujian	29
4.1.1 Data Hasil Pengujian kekasaran dengan variasi SOD	29
4.2 Data dari pengujian Laju Korosi dari Material ASTM SS316L	29
4.2.1 Contoh Perhitungan Laju Korosi SOD 1mm	30
4.3 Hasil Pengujian	32
4.3.1 Grafik Polarisasi.....	32
4.3.2 Diagram Hubungan Icorr dengan Laju Korosi	34
4.3.3 Diagram Pengaruh Stand of Distance Terhadap Corrosion Rate... 35	
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Spesifikasi Mesin	7
Tabel 2.2	Komposisi Kimia Stainless Steel	20
Tabel 4.1	Data Pengujian Laju Korosi dengan variasi SOD.....	29
Tabel 4.2	Hasil Icorr yang didapat.....	29
Tabel 4.3	Komposisi Material.....	30



RINGKASAN

Ditto Rizky Desmar Dika, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2017, *Pengaruh Stand of Distance Nozzle Pada Abrasive Water Jet Terhadap Laju Korosi Permukaan pada Spesimen Stainless Steel 316L* Dosen Pembimbing: *Rudianto Raharjo, Teguh Dwi Widodo.*

Dalam perkembangan teknologi didunia transportasi barang melalui jalur air, digunakan kapal-kapal sebagai media utama. Kapal tersebut dapat berupa Bulk Carrier, Oil Tanker, dan Cargo Ship. Salah satu jenis transportasi yang sering digunakan adalah kapal barang kapal barang sendiri merupakan kapal yang digunakan untuk mengangkut barang berukuran mulai dari kecil hingga besar. Dibandingkan dengan kapal transportasi barang lainnya, kapal barang memiliki rata-rata umur paling kecil yaitu 10,6 tahun. Salah satu penyebabnya adalah Hull kapal yang tidak layak pakai. Hull kapal sendiri harus memiliki ketahanan korosi yang baik dan memiliki kualitas permukaan yang tinggi.

Salah satu teknologi permesinan yang memiliki kualitas hasil pengerjaan yang baik adalah abrasive water jet cutting. Abrasive Water jet cutting sendiri adalah suatu alat modern yang dapat dikategorikan sebagai mesin non konvensional yang media pengikisannya menggunakan air bercampur dengan partikel abrasive yang bertekanan tinggi. Salah satu variabel penting pada mesin ini adalah Stand of Distance dimana variabel ini diperlukan dalam pertimbangan kedalaman dan juga kekasaran permukaan. Selain itu, korosi sangat dipengaruhi oleh luas permukaan. Semakin luas permukaan, maka laju korosi juga akan semakin meningkat.

Dengan penambahan nilai stand of distance, maka pada saat dilakukan uji korosi, reaksi oksidasi yang terjadi akan semakin banyak. Hal ini dikarenakan penambahan Stand of Distance akan berdampak pada kekasaran permukaan dari material. Dengan penambahan stand of distance maka nilai kekasaran akan semakin meningkat. Dengan meningkatnya kekasaran, maka nilai laju korosi akan semakin meningkat. Meningkatnya laju korosi disebabkan karena semakin banyaknya elektron yang terlepas.

Kata Kunci : *Abrasive Water jet Cutting, Kekasaran Permukaan , Corrothion Rate.*

Summary

Ditto Rizky Desmar Dika, Mechanical Engineering, Brawijaya University, July 2017,
*Effect of Stand of Distance Nozzle on Abrasive Water Jet on Surface Corotion of
Stainless Steel 316L*
Supervisor: *Rudianto Raharjo, Teguh Dwi Widodo*

In the world of transportation, especially on water, the most often use trasnportation is Ships. The Ships that commonly used are Bulk Carrier, Oil Tanker, Cargo Ships, and Container Ships. From those kind of ships, the most used frequently is the Container Ship. Container Ship's function is to deliver any kind of goods either small or Big. However, compared with other transportation ships, Container ship have the lowest average age of the ship itself. The average age is about 10,6 years. That low number of age is because the Hull's ship that doesn't safe for use. Hull of the ship must have high durability against Corrosion.

One of modern machine that have great quality of surface is Abrasive Water Jet Cutting. Abrasive Water Jet Cutting is a Modern machine that clasified as Non-Conventional. The way it work is using water mixed with abrasive particle that have high speed and become Jet. Those jet will erode the material. One of variable that have significant rule on determine surface quality is Stand of Distance. Stand of Distance is used to determine the Depth of penetration and also the surface quality. Bad surface quality will impact on the corrotion rate of the material. Higher surface roughness will produce higher corrotion rate.

With the increased of Stand of Distance, while being tested its corrotion rate, the Oxdidation that happen on the specimen will increasing. This happen because increasing stand of distance will impact the surface roughness to increasing. With higher number of surface roughness, will also have higher corrotion rate. High corrotion rate depends on the amount of Oxidation reaction that happen on surface, so larger surface will have more Oxidation that lead to corrotion.

Keyword : *Abrasive Water Jet Cutting, Surface Roughness, Corrotion Rate.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan syukur penulis panjatkan kehadapan Allah SWT, Yang Maha Pengampun, Yang Maha Besar, Yang Maha Kuasa, Yang Maha Cerdas, Yang Maha Memiliki Segala Yang Ada, dan Yang Maha Memberi atas segala taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ” Pengaruh *Stand Of Distance Nozzle* Pada *Abrasive Water Jet* Terhadap Laju Korosi Permukaan pada Spesimen Stainless Steel 316L ” sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya dan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya skripsi ini, terutama kepada :

1. Nabi Muhammad SAW, atas ajaran Beliau mengenai perjuangan, konsistensi, tanggung jawab, kewajiban, kejujuran, amanah dan lainnya yang bermanfaat bagi penulis.
2. Bapak dan Ibu yang telah memberikan bimbingan hidup yang sangat berarti dan berguna untuk kehidupan penulis
3. Bapak Rudianto Raharjo ST., MT., beserta Bapak Teguh Dwi Widodo ST., m.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing satu dan dua yang telah memberikan pengarahan, ilmu dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Djoko Sumantri, A. Md. selaku pranata Laboratorium Fenomena Dasar Mesin yang telah meminjamkan tempat dan peralatan yang ada di laboratorium guna memperlancar penyusunan skripsi ini.
5. Teman-teman M13 yang selalu bersama memberikan semangat dan menjadi motivasi untuk selalu lebih baik
6. Keluarga ARM yang selalu menjadi keluarga dengan memberikan kebersamaan dalam menyelesaikan masalah apapun.
7. Saudara Mega Koesdiantoro, Rizki Aringga, Rizky KW, Satria Pamungkas, Ditto Desmar yang selaku menjadi tim Abrasive Water Jet telah membantu dan memberi semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Saudara Satria Pamungkas, Fredi Sanjaya, Hisyam, dan Febby selaku tim korosi.
9. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin (KBMM) Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

10. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar terciptanya karya tulis yang lebih baik. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.



Malang, Juli 2017

Penulis



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada industri pengiriman barang melalui kapal barang, perencanaan pembuatan kapal sangatlah penting. Perencanaan tersebut bertujuan memperpanjang umur kapal sehingga biaya pembaruan akan berkurang. Menurut data United Nations Conference On Trade And Development (2011), pada tahun 2009, umur rata-rata dari kapal barang adalah 10.6 tahun. Jika dibandingkan dengan kapal lain seperti Bulk Carriers (15,3 tahun), Oil Tankers (16.4 tahun), dan Cargo Ships (24.2 tahun), maka umur kapal barang terbilang pendek. Bagian kapal yang paling berperan dalam menentukan umur kapal adalah lambung kapal (Hull).

Perencanaan Lambung kapal yang optimal sangat diperlukan agar lambung kapal tersebut dapat tahan pada korosi terutama oleh air laut. Dari pertimbangan tersebut, material yang dipilih harus material yang memiliki ketahanan korosi terutama oleh air laut yang sangat tinggi. Dari beberapa material yang ada, dipilihlah material *Stainless Steel 316L* yang memiliki ketahanan korosi air laut sangat tinggi.

Stainless Steel 316L merupakan Baja Paduan dengan memiliki kandungan *Chromium* yang cukup tinggi sehingga memiliki ketahanan korosi yang tinggi, tahan lama, berkekuatan tinggi, dan tahan terhadap suhu rendah. Pada pemilihan material pada lambung kapal, selain tahan korosi faktor lain yang perlu diperhitungkan adalah kekasaran dari material tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pemilihan permesinan yang memiliki kekakuratan dan kepresisian serta kualitas hasil permesinan yang terbaik sehingga kekasaran yang dihasilkan sangat minim. Salah satu mesin yang memenuhi syarat tersebut adalah mesin *Abrasive Water Jet Cutting*.

Abrasive Water Jet Cutting merupakan alat yang digunakan dalam proses permesinan yang digunakan untuk memotong benda kerja berupa logam. Prinsip alat ini adalah dengan menggunakan air bertekanan tinggi yang dicampur dengan partikel abrasif. Mesin ini memiliki kemampuan tekanan pompa hingga 60.000 PSI, ketelitian +/- 0.7 mm/m, cutting berkisar 20 m/min. Dengan beberapa kemampuan tersebut, maka dapat memberikan variasi pada hasil pengerjaan sesuai dengan kebutuhan.

Salah satu parameter penting pada mesin *Abrasive Water Jet Cutting* adalah *Stand of Distance* atau SOD. SOD merupakan jarak dari ujung *Nozzle* menuju ke benda kerja.

penambahan SOD akan berdampak pada kemampuan partikel abrasive untuk mempenetrasi. Saat penetrasi yang terjadi tidak sempurna, maka akan menimbulkan kekasaran pada permukaan.

Hasil dari proses permesinan *Abrasive Water Jet Cutting* dapat memberikan kualitas yang baik terutama dalam hal kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan sangat berpengaruh pada laju korosi. Semakin kasar permukaannya, maka semakin cepat material tersebut mudah terkorosi. Syarat utama pada pemilihan material pada lambung kapal adalah tahanan korosi. Oleh karena itu, dengan menggunakan material yang memiliki ketahanan korosi yang baik yaitu *Stainless Steel 316L* dan proses permesinan yang memiliki kualitas permesinan yang baik yaitu *Abrasive Water Jet Cutting*, maka akan didapatkan material lambung kapal yang dapat bertahan lama sehingga biaya perawatan dan penggantian dapat dikurangi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah “Bagaimanakah Pengaruh *Stand Of Distance Nozzle* terhadap Laju Korosi menggunakan alat *Abrasive Water Jet Cutting* pada *Stainless Steel 316L*”

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah yang digunakan agar penelitian menjadi spesifik dan jelas sehingga pembahasana terarah, yaitu:

1. Mesin yang digunakan adalah mesin *Abrasive Water Jet Cutting*
2. Menggunakan Spesimen Plat *Stainless Steel 316L*
3. Pengujian Korosi menggunakan Metode sel tiga-elektroda
4. Ukuran mesh yang digunakan seragam.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak dari variasi *Stand Of Distance* terhadap Laju Korosi yang terjadi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui teknologi permesinan *Abrasive Water Jet Cutting*.

2. Sebagai masukan bagi industri manufaktur dalam mengetahui laju korosi yang terjadi pada saat digunakan proses permesinan menggunakan *Abrasive Water Jet Cutting* agar Korosi dapat dipertimbangkan dalam pemilihan Proses permesinan.
3. Dapat mengetahui parameter yang tepat dalam menggunakan mesin *Abrasive Water Jet Cutting* agar meminimalisir Korosi yang terjadi.
4. Dapat digunakan sebagai referensi tambahan bagi peneliti lebih lanjut mengenai Laju Korosi.
5. Menerapkan teori yang didapat di bangku perkuliahan terutama yang berhubungan dengan Korosi.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Mohamed Hashish (1989) dalam penelitian "*An Investigation of Milling With Abrasive-Waterjets*" yang berisi tentang pengaruh dari penggunaan beberapa parameter yang ada pada mesin AWJ berkesimpulan bahwa *stand of distance* berdampak pada *volume removal* yang terjadi dan juga dampak lain yaitu kekasaran permukaan. Penambahan SOD akan menambah besar diameter aliran jet yang bertumbukan dengan material sehingga *volume removal* nya menurun. Saat *volume removal* nya rendah, maka material menjadi kasar.

M. Chitirai Pon Selvan, (2012) dalam penelitian "*Effects of process parameters on surface roughness in abrasive waterjet cutting of aluminium*", Berkesimpulan semakin tinggi nilai SOD akan menyebabkan aliran jet semakin banyak yang terpampang dengan lingkungan sehingga aliran jet akan bergesekan dengan udara. Gesekan dengan udara akan menyebabkan energi kinetik yang dimiliki aliran jet akan berkurang sehingga menyebabkan pengikisan tidak berjalan dengan baik dan permukaannya menjadi kasar. Selain itu, semakin jauh kedalaman pemotongan, maka semakin kasar permukaannya.

Radovan Kovacevicj (1991) dalam penelitian "*Monitoring The Depth Of Abrasive Water Jet Penetration*" merupakan penelitian yang mencari hubungan parameter AWJ terhadap kedalaman penetrasi. Disimpulkan, nilai SOD yang tinggi akan mengurangi energi dari aliran jet sehingga tidak disarankan untuk material tebal.

P. Shanmughasundaram, dalam penelitian "*Influence of Abrasive Water Jet Machining Parameter on The Surface Roughness of Eutectic Al- Si Alloy Graphite Composite*" mendapatkan dengan menggunakan variasi SOD, maka nilai kekasaran dari permukaan akan meningkat secara konstan.

L. Abosrra, A. F. Ashour, S. C. Mitchell & M. Youseffi (2009) dalam penelitian "*Corrosion of mild steel and 316L austenitic stainless steel with different surface roughness in sodium chloride saline solutions*" merupakan pengujian korosi dengan larutan NaCl. Dengan spesimen yang dilapisi diamond, rasio korosinya lebih tinggi dari pada dengan 600 dan 200 grit.

2.2 Abrasive Water Jet Cutting

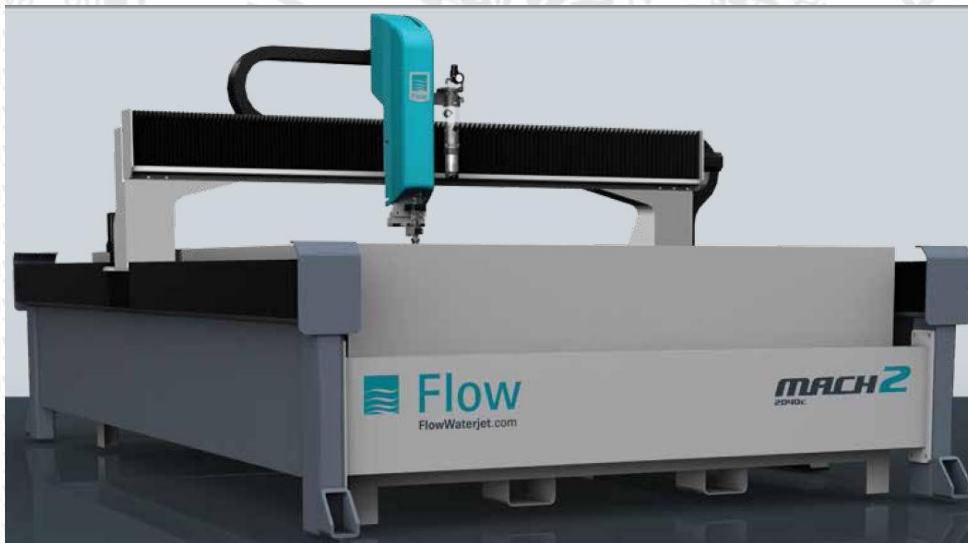
2.2.1 Pengertian

Merupakan Alat yang digunakan dalam proses pemotongan dingin dengan menyemprotkan air bertekanan tinggi yang dicampur dengan partikel abrasif ke permukaan benda kerja. Tekanan tinggi yang dihasilkan merupakan pengaruh nozle pada saluran keluar.

Water jet tidak terjadi kerusakan akibat panas, tegangan thermal, tidak menghasilkan produk sampingan yang berdebu. Water Jet dapat memotong kaca, logam, non-logam, plastik dengan ketebalan lebih dari 18 in tanpa membentuk bekas warna.

Prinsip kerja dari alat ini adalah air yang disedot oleh pompa yang kemudian dialirkan melalui sistem saluran pemipaan setelah itu melewati pencampuran dengan partikel abrasif dan disemprotkan melalui nosel. Sedangkan partikel abrasif yang keluar memiliki ukuran mesh berkisar 200. Ukuran nozzle yang dimiliki berkisar 0,1 – 1 mm dengan tekanan mencapai 400Mpa dan berkecepatan 900 mm/m.

Alat ini memiliki prinsip yang sama dengan erosi air yang terjadi di alam tetapi bedanya pada alat ini erosi yang terjadi sangat cepat dan terkonsentrasi.



Gambar 2.1 Mesin Abrasive water jet cutting

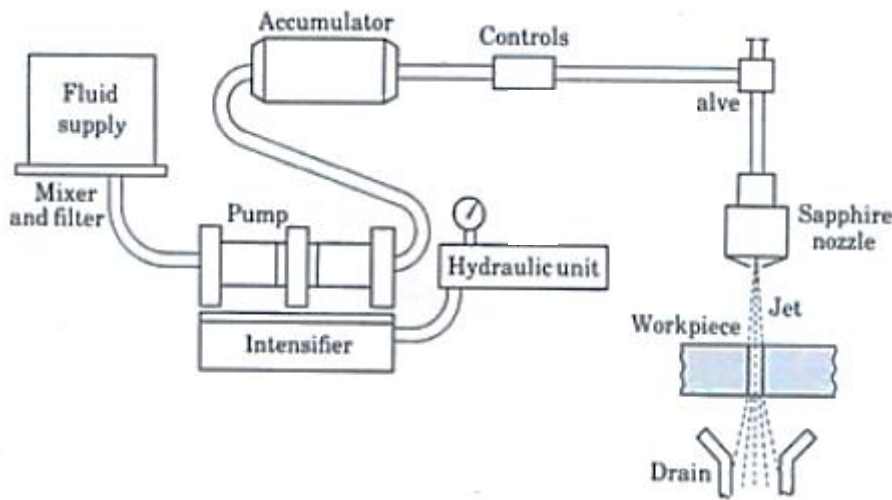
Sumber: Flow Mach 2 Brochure

Tabel 2.1
Spesifikasi mesin

Precision	0,0254 mm
Max Lean Angle	3
Max Hydraulic Pump Pressure	5000 psi
Max Intensifier Pressure	60000 psi
Max Cutting Speed	200 mm/min
Nozzle Diameter	0,8 mm
Abrasive Used	GMA Garnet

Sumber: AWJ Spec

2.2.2 Bagian-bagian pada Water Jet Machining



Gambar 2.2 Skema Abrasive Water Jet
Sumber: Kalpakjian (2009 p.779)

A. Hydraulic pump

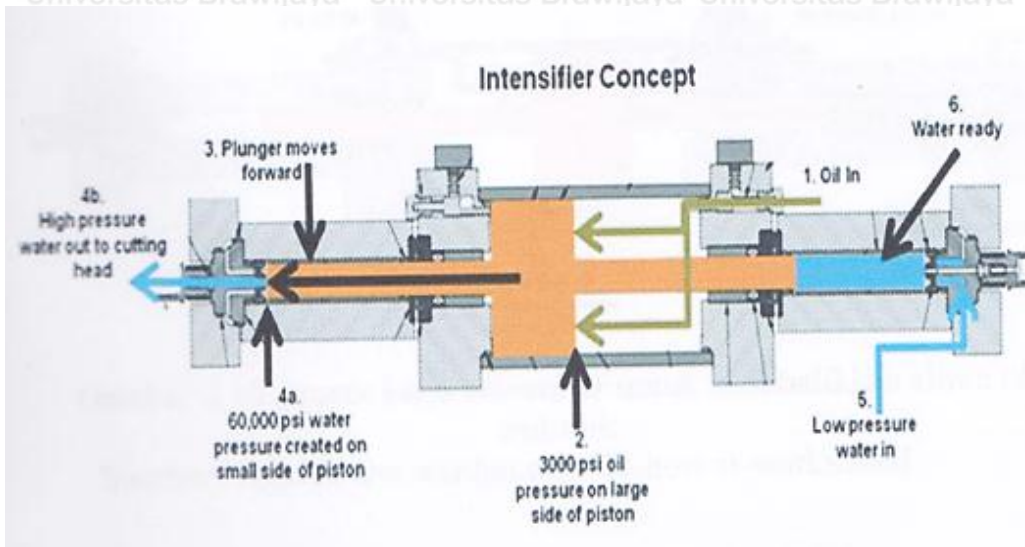
Hydraulic pump yang digunakan, menggunakan motor listrik yang dapat me-suplay oli dengan bertekanan tinggi yang berfungsi menggerakkan *reciprocating pump* pada *intensifier*. Pompa hidrolik juga berfungsi menyalurkan air ke intensifer.



Gambar 2.3 Hydraulic pump

B. *Intensifier*

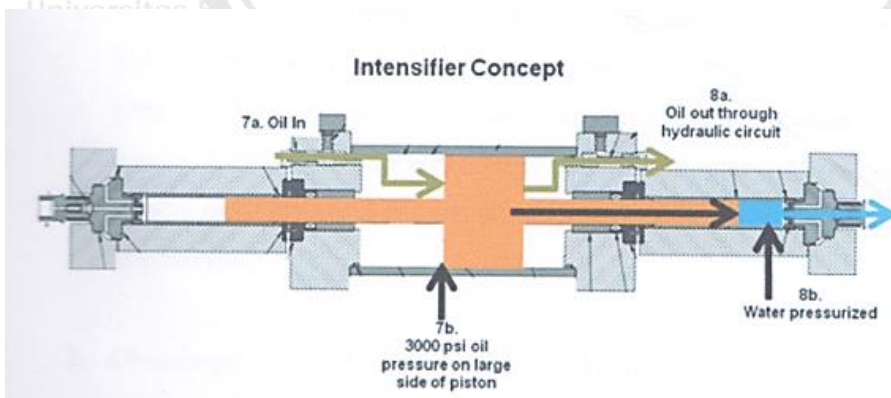
Intensifier adalah bagian dari alat tersebut yang menaikkan tekanan yang diterima dari pompa. *intensifier* mengubah energi yang dihasilkan dari fluida hidrolik tekanan rendah menjadi air bertekanan sangat tinggi. Sistem hidrolik menyediakan fluida bertekanan untuk siklus gerakan piston didalam bagian tengah *intensifier*. *Intensifier* dilengkapi pula dengan pendorong disetiap bagian piston sehingga menimbulkan tekanan di kedua arah. Pada satu bagian *intensifier* adalah inlet stroke pada bagian baliknya menghasilkan output tekanan sangat tinggi. Pada saat terjadi langkah inlet maka air memasuki silinder bertekanan tinggi melalui *check valve*. Setelah itu pendorong bergerak kearah sebaliknya dan menimbulkan air yang bertekanan sangat tinggi.



Gambar 2.4 Proses kerja pada intensifier
 Sumber : Berrima (2011,p11)

Proses pada intensifier dapat dijelaskan sebagai berikut:

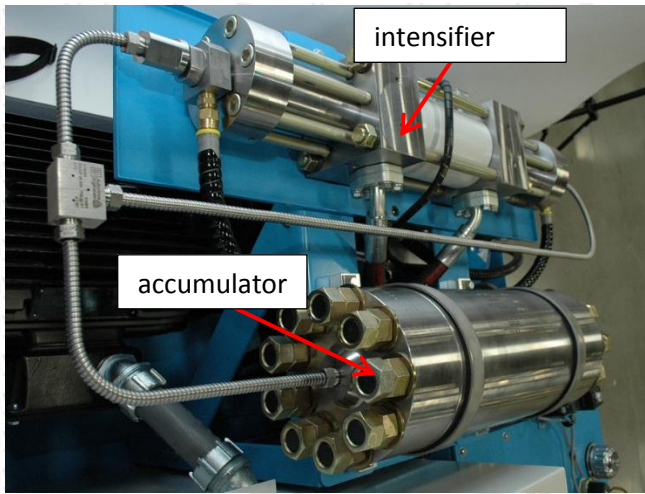
1. Oli sebagian masuk ke dalam *Hydraulic Cylinder*.
2. Oli tersebut mendorong piston.
3. Plunger yang berada di depan piston bergerak searah dengan piston
4. Air bertekanan tinggi akhirnya keluar dari intensifier dengan tekanan yang tinggi melalui check valve.
5. Plunger bergerak sampai pada ujung stroke, sehingga silinder di bagian lainnya penuh dengan air.
6. Katub kontrol berfungsi untuk membalikkan aliran oli sehingga berada di sisi sebelumnya dan bergerak ke arah sebaliknya.



Gambar 2.5 Proses kerja Intensifier 2
 Sumber: Berrima 2011 p.17

C. Accumulator

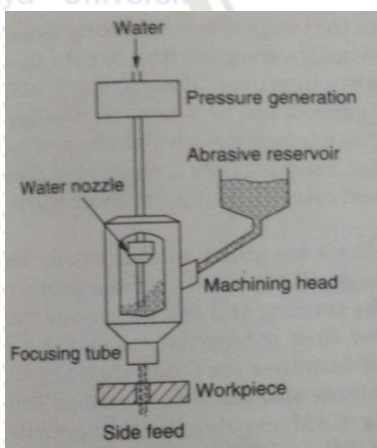
Pada *Abrasive Water Jet* ini Berfungsi untuk menjaga aliran air bertekanan tinggi dan menghilangkan tekanan fluktuatif disaat piston intensifier berubah arah.



Gambar 2.6 intensifier dan accumulator

D. Jet Cutting Nozzle

Nozzle mengakibatkan aliran *water jet* menjadi kohern dan optimal untuk dilakukan proses pemotongan yang secara konvensional tidak dapat lakukan. *nozzle* terbuat dari bahan sapphire sintetik. Usia operasi *nozzle* dapat mencapai 200 jam yang akhirnya akan rusak karena partikel kotoran yang terkumpul akibat deposit mineral pada orifice dikarenakan kekerasan erosi air. Untuk menambah umur *nozzle* tergantung pada parameter yang digunakan dalam proses permesinan.



Gambar 2.7 Nozzle AWJ
Sumber: Modern Machining

E. *Catcher*

Berfungsi sebagai reservoir yang mengumpulkan sisa-sisa permesinan AWJM. Chatcher juga berfungsi untuk mengurangi kebisingan yang ditimbulkan saat proses permesinan dari kecepatan *water jet*.



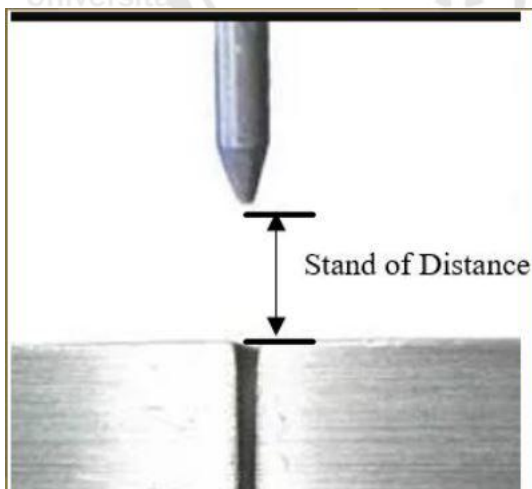
Gambar 2.8 chatcher

2.2.3 Parameter Pada *Abbrasive Water Jet Cutting*

Parameter yang terdapat pada mesin *Abbrasive Water Jet Cutting* adalah :

1. *Stand of Distance*

Jarak antara Nozle dengan benda kerja. dampak dari SOD adalah kemampuan penetrasi dari aliran jet yang dapat berdampak pada kekasaran permukaan. Selain itu, SOD diperlukan dalam menentukan perlakuan pada spesimen. SOD yang tinggi biasanya hanya digunakan untuk meratakan / atau membersihkan permukaan, sedangkan SOD rendah digunakan untuk memotong material.



Gambar 2.9 Stand Of Distance

2. *Cutting Speed*

Merupakan jarak yang ditempuh dalam suatu proses pemotongan tiap satuan waktu. Pada mesin ini, nilai cutting speed yang terlalu besar akan menimbulkan pemakanan yang tidak sempurna dikarenakan partikel abrasive belum mengikis permukaan sepenuhnya.

3. *Tekanan*

Tekanan berhubungan dengan energi yang dimiliki partikel abrasive. Oleh karena itu, apabila tekanan yang digunakan terlalu rendah, maka menyebabkan nilai kekasaran yang tinggi. Tekanan standar yang digunakan di AWJ adalah 3000 psi

2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan

- Kelebihan
 - Memiliki kepresisian yang tinggi
 - Waktu pengerjaan relatif cepat
 - Ekonomis karena air dan abrasive mudah di daur ulang
 - Proses pengerjaan dingin yang menyebabkan tidak ada perubahan fisik
- Kekurangan
 - Harga mesin yang mahal
 - Memerlukan perawatan lebih dikarenakan tekanan tinggi yang rawan merusak komponen.

Comparison factor	Abrasive water jet	Laser cutting	Plasma cutting	Underwater plasma	Wire EDM	Milling cutting	Band saw	Oxygen cutting
Material thickness	A	C	B	B	A	B	B	A
Cutting quality	A	A	C	B	A	B	B	C
Lateral speed	B	A	B	B	B	B	A	B
Multi purpose use	A	D	B	B	B	B	B	C
Heat affected zone (HAZ)	A	D	D	C	C	B	B	D
Sensitive cutting	A	A	B	B	A	A	C	D
Secondary process requirement	A	B	B	B	B	B	C	C
Chip formation	B	C	C	C	A	B	D	B
Production flexibility	A	B	C	C	B	A	C	D
Overall process time	B	B	D	D	B	B	A	C

A: excellent; B: good; C: acceptable; D: unacceptable.

Gambar 2.10 Perbandingan mesin Non-Konvensional
 Sumber : Akkurt (2015)

2.3 Energi Kinetik untuk Abrasive Water Jet

Pada *Abrasive Water Jet Cutting*, partikel abrasive akan memiliki energi kinetik dalam aliran jet. Energi kinetik dari partikel abrasive dipengaruhi oleh massa alir dari partikel abrasive, kecepatan, dan lama waktu terpampang udara. Rumus dari energi kinetik untuk water jet adalah



$$Ek = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v_s^2 \cdot t$$

Dimana

Ek = Energi Kinetik (Joule) = $\left(\frac{kg \cdot m^2}{s^2}\right)$

m_a = Massa Alir (kg/s)

v_s = Kecepatan aliran (m/s)

t = Jet Exposure (s)

Sumber : *Energy loss from an abrasive water jet cutting* (2011)

Rumus energi kinetik yang digunakan menyimpulkan bahwa nilai energi kinetik berbanding lurus terhadap massa alir, kecepatan, dan waktu terpampangnya aliran jet. Pada parameter *Stand of Distance* (SOD) dari *Abrasive Water Jet Cutting*, penambahan nilai SOD akan berdampak pada semakin berkurangnya kecepatan dari aliran jet. Dengan berkurangnya kecepatan aliran jet akan berdampak pada energi kinetik dari partikel abrasive.

2.4 Kekasaran Permukaan

Menurut ISO 1302 – 1978, kekasaran permukaan memiliki definisi sebagai penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Dari definisi, penyimpangan digunakan untuk menentukan nilai dari kekasaran permukaan.

2.4.1 Permukaan dan Profil

Permukaan adalah suatu titik yang membatasi antara sebuah benda padat dengan lingkungannya. Permukaan yang membentuk suatu bentuk disebut makrogeometrik. Contoh makrogeometrik adalah sisi, poros, lubang, dan lain sebagainya.

Profil permukaan garis tiruan permukaan yang didapat dari simulasi keadaan permukaan bidang dari benda kerja ketika dipotong.

2.4.2 Parameter

Terdapat 4 parameter dalam kekasaran permukaan

1. R_a

Merupakan penyimpangan rata-rata Aritmetis yang berarti harga absolute dari profil yang diukur.

2. Rz

Merupakan penyimpangan aritmetris berdasarkan sejumlah profil yang diambil tidak seluruhnya melainkan hanya beberapa.

3. Rp

Merupakan jarak rata-rata antara garis refrensi dengan garis terukur

4. Rt

Merupakan kedalaman total atau jarak dari refrensi menuju lembah

2.4.3 Hubungan Kekasaran permukaan dengan Laju Korosi

Pada pengujian laju korosi, kekasaran permukaan memiliki peran dalam harga laju korosi yang terjadi. Nilai kekasaran yang semakin besar akan berdampak pada semakin besarnya nilai laju korosi. Penyebabnya adalah saat nilai kekasaran semakin besar, maka nilai luas permukaan aktualnya akan semakin besar. Pada pengujian laju korosi, luas permukaan yang besar akan menyebabkan semakin banyak reaksi oksidasi yang terjadi di permukaan sehingga nilai laju korosinya akan semakin meningkat.

2.5 Korosi

2.5.1 Pengertian

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat dari reaksi dengan zat dilingkungkannya. Korosi dapat berupa erosi, karat, dan pengurangan dimensi lainnya. Korosi menyebabkan kekuatan material tersebut menurun sehingga sangat beresiko dampaknya. Korosi dapat dicegah dengan cara Melapisi logam dengan zat yang sukar ditembus oksigen dan teroksidasi.

2.5.2 Penyebab korosi

1. Uap Air

Air merupakan salah satu faktor penyebab korosi terutama karat. Udara yang mengandung banyak uap air dapat mempercepat proses korosi.

2. Oksigen

Reaksi antara oksigen dengan air merupakan penyebab utama terjadinya korosi besi.

3. Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit mempercepat reaksi antar oksigen sehingga proses korosi berlangsung lebih cepat

4. Permukaan Material

Permukaan material yang tidak rata memudahkan terjadinya kutub-kutub muatan anode dan katode sehingga proses korosi cepat terjadi.

5. Kotoran

Kotoran seperti debu dapat menyebabkan reaksi reduksi tambahan sehingga lebih banyak atom logam yang teroksidasi.

2.5.3 Bentuk Korosi

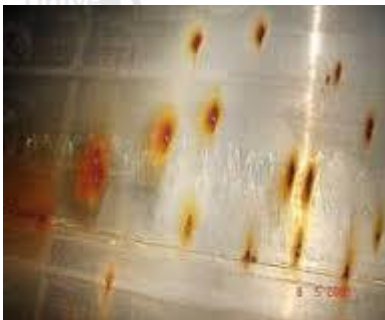
1. Korosi Merata (Uniform Attack)



Gambar 2.11 Korosi Merata

Korosi yang terjadi secara merata pada permukaan logam. Penyebab dari korosi merata adalah reaksi anodik dan katodik yang terjadi pada logam berlangsung pada seluruh permukaan logam secara merata.

2. Korosi Setempat (Local Corrosion)



Gambar 2.12 Korosi Setempat

Korosi yang terjadi pada suatu bagian tertentu saja

3. Korosi Galvanik (Galvanik Corrosion)



Gambar 2.13 Korosi Galvanik

Korosi yang terjadi karena adanya 2 logam (atau lebih) berhubungan satu sama lainnya. Dalam hal ini, logam memiliki nilai potensial rendah akan terkorosi terlebih dahulu.

4. Korosi Sumuran (Pitting)



Gambar 2.14 Pitting Corrosion

Korosi yang terjadi masuk kedalam dengan diameter yang ada dipermukaannya lebih kecil dari kedalamannya.

5. Korosi erosi



Gambar 2.15 Erosion Corrosion

Korosi yang terjadi akibat gerakan fluida yang mengikis suatu permukaan dari logam.

2.3.4 Laju Korosi

Laju korosi merupakan korosi yang terjadi dalam waktu tertentu. Dengan mengetahui laju korosi, maka dapat diperkirakan umur suatu material. Contohnya adalah dengan mengetahui laju korosi dari pipa saluran pada suatu pabrik, maka akan diketahui berapa lama pipa tersebut masih aman digunakan.

2.3.5 Metode Perhitungan Laju Korosi

1. Metode Weight Loss

Metode ini mengukur berat dari material saat sebelum diuji dan setelah diuji. Pada pengujian ini, material dibiarkan hingga terjadi korosi, sehingga penggunaan metode ini dapat memakan waktu yang cukup lama dikarenakan kita harus menunggu material hingga terkorosi secara natural.

2. Metode Electrochemical

Metode ini mengukur laju korosi dari material dengan cara mempercepat terjadinya korosi pada material sehingga dapat diperkirakan berapa korosi yang terjadi tiap satuan waktu. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$CR = K \frac{EW \cdot icorr}{D}$$

Dimana

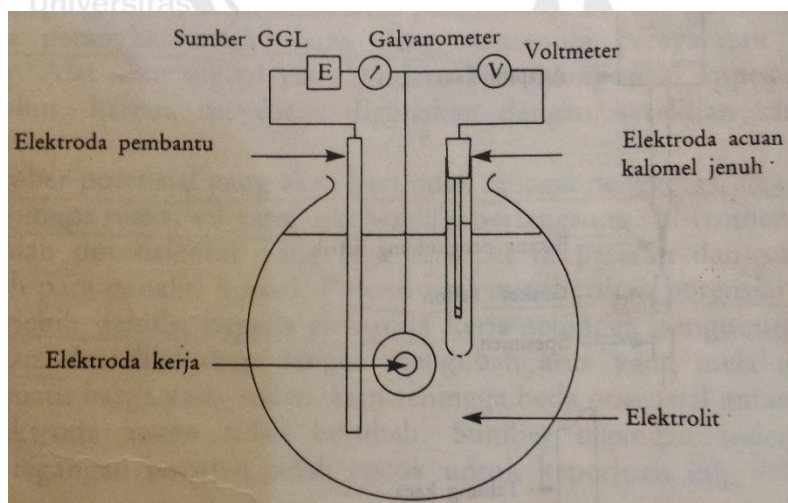
CR = Corrosion Rate

K = Constant Factor, $mm/year = 0.00327$

EW = Equivalent Weight

$icorr$ = Current Density ($\mu A/cm^2$)

D = Density (g/cm^3)



Gambar 2.16 Pengujian Sel 3 Elektroda

Sumber : Trethewey (1991)

Nilai Konstanta ($K=3,27 \times 10^{-3}$) didapat dari merubah satuan seperti pada berikut

$$CR \frac{mm}{year} = \frac{I_{corr} \left(\frac{\mu A}{cm^2} \right) \cdot E_w}{\rho \left(\frac{gram}{cm^3} \right) \cdot F \left(96500 \frac{c}{mol} \right)} = \left(\frac{1 \frac{c}{s}}{10^6} \times 3600 \frac{s}{h} \times 24 \frac{h}{d} \times 365 \frac{d}{y} \times 10 \frac{mm}{cm} \right) : F \left(96500 \frac{c}{mol} \right)$$

Sehingga didapat nilai $K = 3,27 \times 10^{-3}$

Prinsip kerja pada alat ini adalah, pada Elektroda Kerja, akan terjadi reduksi. Elektron yang terdapat pada elektroda akan berpindah menuju elektroda acuan dikarenakan elektroda acuan memiliki sifat katodik atau menerima elektron berdasarkan deret Volta. Perpindahan elektron merupakan arus yang terjadi, sehingga arusnya dapat diukur pada elektroda pembantu karena menerima elektron. Sedangkan pada elektroda kerja, lepasnya elektron menyebabkan atom material terlepas dan itulah yang disebut korosi. Sedangkan pada elektroda acuan digunakan untuk mengukur perbedaan potensial antara elektroda kerja dengan elektroda acuan. Perbedaan jumlah elektron merupakan beda potensial.

Bagian – bagian utama pada alat ini adalah sebagai berikut

a. Elektroda Kerja

merupakan material yang dilakukan pengujian korosi. Perbedaan jumlah elektron elektroda kerja dengan elektroda acuan merupakan hal yang menunjukkan banyaknya korosi yang terjadi.

b. Elektroda Pembantu

Merupakan material yang memiliki sifat reduksi yang lebih tinggi dari pada elektroda kerja. hal ini bertujuan agar elektron dari elektroda kerja akan mengalir menuju lektroda pembantu.

c. Elektroda Acuan

Merupakan bagian yang digunakan sebagai acuan jumlah elektron yang dimiliki. Elektron yang dimiliki oleh elektroda acuan akan dibandingkan dengan Elektroda Kerja sehingga dapat ditunjukkan seberapa banyak elektron yang telah lepas dari elektroda kerja.

d. Elektrolit

Merupakan larutan yang digunakan yang bertujuan untuk mempercepat laju aliran elektron.

e. Sumber GGL

Sumber Listrik DC

f. Galvanometer

Mengukur pindahnya elektron dari Benda Kerja menuju Elektroda pembantu.

g. Voltmeter

Mengukur Voltase atau perbedaan potensial antara elektroda kerja dengan elektroda acuan.

2.3.6 Reaksi Kimia

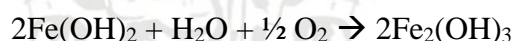
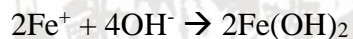
Pada pengujian, akan terjadi reaksi kimia pada benda kerja. berikut adalah reaksi yang terjadi pada benda kerja.



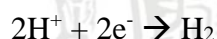
Benda kerja mengalirkan elektron menuju katoda (elektroda pembantu). Agar muatan nya seimbang, maka Elektroda Kerja juga akan melepas proton (Fe^{2+}) ke elektrolit. Proton tersebut akan bereaksi dengan elektrolit sehingga terbentuk karat.



Elektron yang lepas dari Anode akan diterima oleh Katoda sehingga terjadi reaksi katodik dimana elektron yang berada di permukaan katoda akan bereaksi dengan ion positif dari larutan elektrolit.



Kemudian timbulah karat dari reaksi antara Fe dengan OH sehingga timbul karat $\text{Fe}_2(\text{OH})_3$



Reaksi tersebut timbul merupakan timbulnya gelembung udara di sekitar elektroda pembantu. Hal tersebut dikarenakan elektron yang terlepas dari elektroda kerja akan mengalir menuju elektroda pembantu. Platina tidak akan bereaksi dengan elektron tersebut, sehingga elektronnya bereaksi dengan lingkungannya.

2.4 Hubungan antara Laju Korosi dengan Stand Of Distance

Pengaruh stand of distance adalah semakin jauh jaraknya, maka akan timbul percikan aliran sehingga aliran menjadi kurang terpusat. Selain itu, jika terlalu tinggi juga menyebabkan gaya yang dihasilkan menjadi berkurang. Dari pengaruh tersebut, stand of distance mempengaruhi kekasaran permukaan.

2.5 *Stainless Steel 316L*

Merupakan baja tahan karat dikarenakan kadungan Cr lebih dari 10%. Kandungan Cr memiliki ketahanan terhadap korosi dikarenakan reaksi oksidasinya dengan oksigen menimbulkan protective layer. SS 316L masuk dalam golongan *Austenitic* dikarenakan memiliki kandungan Cr sebesar 17%-25% dan Ni 8%-20%. SS316L termasuk baja Low Carbon dikarenakan kandungan Carbonnya yang rendah yaitu 0,03%. Selain itu, SS316L memiliki sifat Non Magnetic. SS316L memiliki penambahan unsur *molibdenum* 2% – 3% sehingga memberikan perlindungan terhadap korosi terutama air laut.

Penambahan *nikel* sebesar 12% tetap mempertahankan struktur *austenitic*.

Selain SS316L, terdapat beberapa macam *Stainless Steel* lainnya seperti pada berikut:

a. Tipe 321

Memiliki tambahan Titanium dan Carbon sesuai dengan kebutuhannya. Penambahan tersebut dimaksudkan untuk temperatur tinggi.

b. Tipe 304

Hanya memiliki kandungan Cr dan Ni saja dikarenakan pertimbangan ekonomis.

c. Tipe 347

Sama dengan Tipe 304 tetapi ada tambahan Niobium

Berikut merupakan Komposisi material SS316L

Komposisi Material

Komposisi material	% Massa	Ar	Valensi
C	0,03	12,01160	4
Si	0,75	28,06500	4
Mn	2,00	54,93804	2
P	0,045	30,97376	5
S	0,03	32,07600	6
Ni	12,5	58,69340	2
Cr	16,5	51,99610	3
Mo	2,5	95,95000	3
N	0,1	14,00728	5
Fe	65,545	55,84500	2

a. Komposisi Material

Merupakan kandungan yang terdapat pada *Stainless Steel 316L*.

b. %Massa

Merupakan persentasi kandungan yang terdapat pada material. Contoh pada Fe memiliki kandungan 65,545 %.

c. Ar (Massa Atom Relatif)

Massa dari suatu senyawa. contoh pada Fe memiliki Massa Molekul relatif sebesar 55,845

d. Valensi

Elektron dari suatu atom yang dapat berikatain dengan atom lainnya.

Contohnya adalah Fe^{2+} yang berarti memiliki Elektron Valensi sebanyak 2.

Reaksi yang terjadi adalah $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$.

2.6 Hipotesis

Dari salah satu variabel mesin *Abrasive Water Jet Cutting*, yaitu *Stand Of Distance* (SOD) atau jarak dari ujung *Nozzle* menuju benda kerja, akan menimbulkan dampak laju korosi yang terjadi pada permukaan hasil pemotongan. Dampak dari penambahan SOD adalah semakin tinggi nilai SOD nya maka nilai kekasarannya akan semakin meningkat, saat kekasaran meningkat, maka luas penampang yang dimiliki lebih besar dibandingkan dengan luas penampang yang lebih kecil. Pada pengujian korosi, luas penampang yang semakin besar menyebabkan semakin banyak reaksi Oksidasi yang terjadi, sehingga nilai laju korosinya kan semakin meningkat.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode yang Digunakan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Eksperimental. Metode ini yaitu melakukan pengamatan dalam mencari data sebab dan akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui nilai perbandingan laju korosi dari variasi yang di gunakan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Surya Jaya Perkasa dan di Laboratorium Elektrokimia Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel Bebas adalah Variabel yang tidak terpengaruh oleh variabel lain. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Stand of Distance : 1, 2, 3, 4, 5 mm

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan. Variabel terikat yang digunakan adalah:

• Laju Korosi (mm/y)

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan dalam penelitian.

Variabel terkontrol yang digunakan adalah:

• Diameter Nozzle : 0.8 mm

• Sudut Nozzle : 90°

• Cutting speed : 100 mm/m

• Tekanan : 3000 psi

• Abrasive : Garnet dengan Mesh 200

3.4 Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan :

1. Spesifikasi Mesin Abrasive Water Jet Cutting

- Merk : Flow
- Model : Mach 2C
- Buatan : Canada



Gambar 3.1 mesin abrasif waterjet Cutting

2. Personal Computer

Digunakan untuk pembuatan laporan dan pembuatan desain benda kerja



Gambar 3.2 Personal Computer

3. Digital Camera

Digunakan untuk dokumentasi

4. Sel tiga-Elektroda

Digunakan untuk menguji laju korosi yang terjadi



Gambar 3.3 Sel tiga elektroda

5. Benda Kerja Stainless Steel 316L

Digunakan untuk menguji Korosi setelah dipotong menggunakan *Abrasive Water Jet*

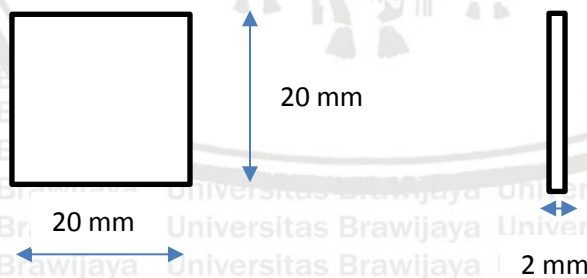
Jet

- Komposisi :

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N
0.03	0.75	2	0.045	0.03	10 - 14	15 - 18	2 - 3	0.1

- Sumber : YCINOX (2015)

3.5 Dimensi Benda Kerja



3.6 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut

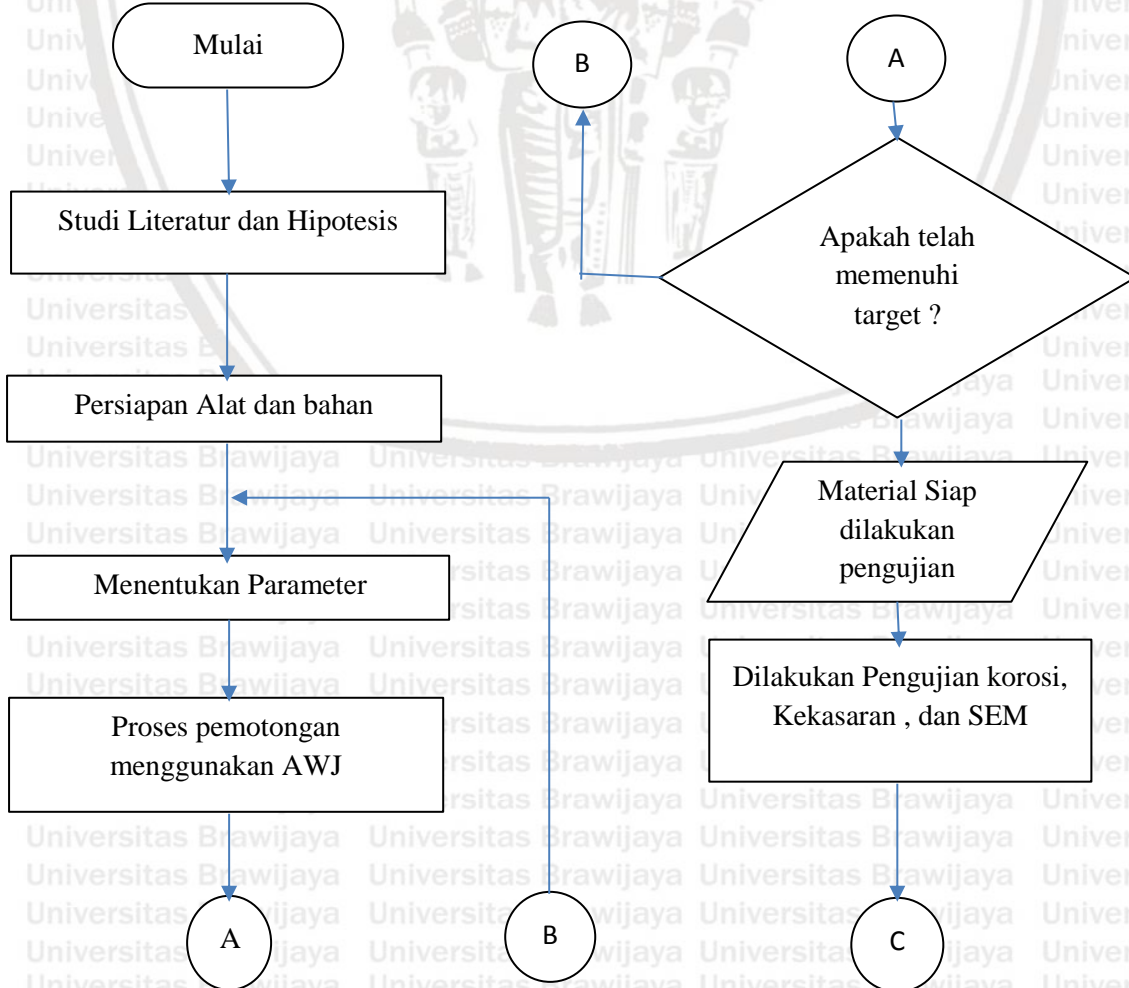
1. Menyiapkan benda kerja yaitu Stainless Steel 316L
2. Menyiapkan mesin Abrasive Water Jet Cutting
3. Melakukan proses pemotongan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan berdasarkan variabel yang digunakan

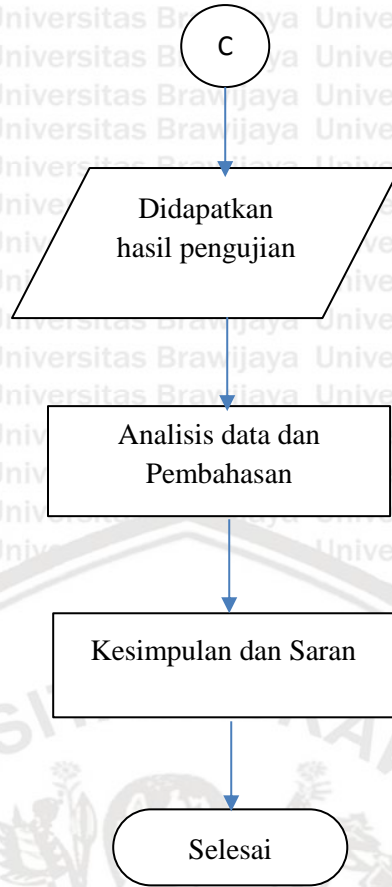
4. Melakukan penandaan terhadap benda yang telah selesai dilakukan pemotongan
5. Melakukan pengulangan langkah ke 3 dan 4 dengan variabel yang telah ditentukan yaitu cutting speed : 75, 100, 125, 150, 175 ; dan SOD : 10, 20, 30, 40, 50.
6. Pengukuran laju korosi dengan menggunakan metode Elektrokimia pada tiap spesimen
7. Analisa dan pengolahan data serta pembahasan secara statistik dan kajian pustaka sebagai hasil penelitian
8. Memberikan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang didapat

3.7 Rancangan Penelitian

Pengolahan data dengan menggunakan model regresi ganda yang dimaksud untuk menjelaskan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dengan tujuan menjawab hipotesisi. Data yang diperoleh dari pengukuran laju korosi diubah menjadi grafik dan dilakukan pembahasan.

3.8 Diagram Alir Penelitian







BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Data Hasil Pengujian Laju Korosi dengan variasi SOD

Dari hasil pengujian Laju Korosi dengan Variasi *Stand Of Distance* pada mesin *abrassive Water Jet*, didapatkan hasil seperti pada berikut :

Tabel 4.1

Data hasil pengujian SOD (mm)

Variasi SOD (mm)	<i>Corrosion Rate (mm/year)</i>		Rata-Rata
	Sampel A	Sampel B	
1	$4,68889 \times 10^{-8}$	$5,01418 \times 10^{-8}$	$4,85153 \times 10^{-8}$
2	$1,3463 \times 10^{-7}$	$1,35069 \times 10^{-7}$	$1,3485 \times 10^{-7}$
3	$2,47121 \times 10^{-7}$	$2,57221 \times 10^{-7}$	$2,52171 \times 10^{-7}$
4	$2,81539 \times 10^{-7}$	$3,06862 \times 10^{-7}$	$2,94201 \times 10^{-7}$
5	$3,46112 \times 10^{-7}$	$3,17599 \times 10^{-7}$	$3,31856 \times 10^{-7}$

4.2 Data yang Didapat dari pengujian Laju Korosi dari Material ASTM SS316L

1. Data :

a. I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$):

Merupakan Arus yang mengalir pada suatu luasan permukaan.

Tabel 4.2 hasil I_{corr} yang didapat

No.	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	
	<i>Stand Of Distance</i>	
	Sampel A	Sampel B
1	$7,57 \times 10^{-6}$	$8,09 \times 10^{-6}$
2	$2,17 \times 10^{-5}$	$2,18 \times 10^{-5}$
3	$3,99 \times 10^{-5}$	$4,15 \times 10^{-5}$
4	$4,54 \times 10^{-5}$	$4,95 \times 10^{-5}$
5	$5,59 \times 10^{-5}$	$5,13 \times 10^{-5}$

b. *Material Composition* :

Komposisi material Stainless Steel 316L adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3

Komposisi Material

Komposisi material	% Massa	Ar	Valensi
C	0,03	12,01160	4
Si	0,75	28,06500	4
Mn	2,00	54,93804	2
P	0,045	30,97376	5
S	0,03	32,07600	6
Ni	12,5	58,69340	2
Cr	16,5	51,99610	3
Mo	2,5	95,95000	3
N	0,1	14,00728	5
Fe	65,545	55,84500	2

Sumber : ycinnox (2015)

4.2.1 Contoh Perhitungan Laju Korosi Stand Of Distance 1mm

1. Equivalen (Q)

Pada perhitungan Equivalent Weight dari material Alloy, Maka diperlukan menghitung massa kandungan material tersebut

$$Q = \sum \frac{(\%Massa) \times (Valensi)}{(Mr)}$$

$$Q = \left(\frac{\%C \times ValC}{MrC} \right) + \left(\frac{\%Si \times ValSi}{MrSi} \right) + \left(\frac{\%Mn \times ValMn}{MrMn} \right) + \left(\frac{\%P \times ValP}{MrP} \right) + \left(\frac{\%S \times ValS}{MrS} \right) + \left(\frac{\%Ni \times ValNi}{MrNi} \right) + \left(\frac{\%Cr \times ValCr}{MrCr} \right) + \left(\frac{\%Mo \times ValMo}{MrMo} \right) + \left(\frac{\%N \times ValN}{MrN} \right) + \left(\frac{\%Fe \times ValFe}{MrFe} \right)$$

$$Q = \left(\frac{0,03 \times 4}{12,0116} \right) + \left(\frac{0,75 \times 4}{28,06500} \right) + \left(\frac{2,00 \times 2}{54,93804} \right) + \left(\frac{0,045 \times 5}{30,97376} \right) + \left(\frac{0,030 \times 6}{32,076} \right) + \left(\frac{12,5 \times 2}{58,6934} \right) + \left(\frac{16,5 \times 3}{51,9961} \right) + \left(\frac{2,5 \times 3}{95,95} \right) + \left(\frac{0,1 \times 5}{14,00728} \right) + \left(\frac{65,545 \times 2}{55,845} \right)$$

$$Q = 4,041758506 \text{ gram equivalen}$$

2. Equivalent Weight (EW)

Merupakan massa material yang akan ter oksidasi

$$Ew = \frac{100}{Q}$$

$$Ew = \frac{100}{4,0417588506}$$

$$Ew = 24,7417058$$

3. Density (g/cm³)

Densitas dari material dihitung seperti berikut

$$D = \rho \frac{Ws}{Ws \times (Wsb - Wb)}$$

$$D = 1 \times \frac{6,66}{6,66 \times (50,01 - 43,86)}$$

$$D = 13,058 \text{ g/cm}^3$$

Dimana

$$\rho = \text{Massa Jenis Air} = 1$$

$$Ws = \text{Berat Benda di Udara (gram)} = 6,66$$

$$Wsb = \text{Berat keranjang di air + berat benda} = 50,01$$

$$Wb = \text{Berat keranjang} = 43,86$$

4. Corrothion Rate (mm/year)

Merupakan laju korosi yang terjadi pada materal dalam satuan mm tiap tahun

$$CR = \frac{K \times Ew \times icorr}{D}$$

$$CR = \frac{(3,27 \times 10^{-3}) \times 24,7417058 \times (7,57 \times 10)}{13,058}$$

$$CR = (4,8515 \times 10^{-8}) \text{ mm/year}$$

Dimana :

K = Konstanta

$3,27 \times 10^{-3}$ untuk mm/year

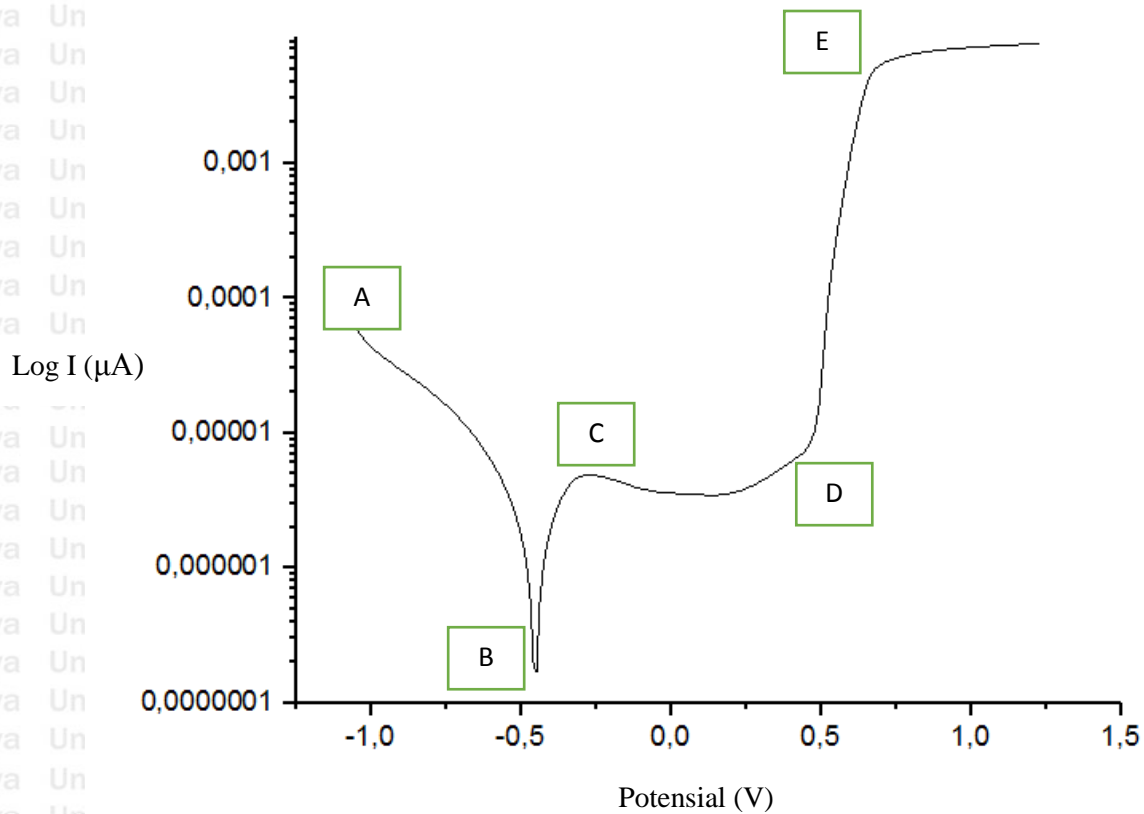
D = Density

13,058 g/cm³

4.3 Hasil Pengujian

4.3.1 Grafik Polarisasi

Merupakan grafik yang menunjukkan perilaku material saat diberikan beda potensial.



Gambar 4.1 Polarisasi

Gambar diatas merupakan grafik yang didapat dalam melakukan pengujian sel tiga elektroda pada varisasi SOD 1mm. Grafik tersebut menunjukkan apa yang terjadi pada benda kerja saat diberikan suatu beda potensial.

Pada A – B , merupakan daerah dimana terjadi proteksi Katodik. Dimana potensial yang diberikan tidak berdampak pada material. Pada titik B, merupakan titik Ecorr yang bermakna potensial yang dibutuhkan material untuk terkorosi.

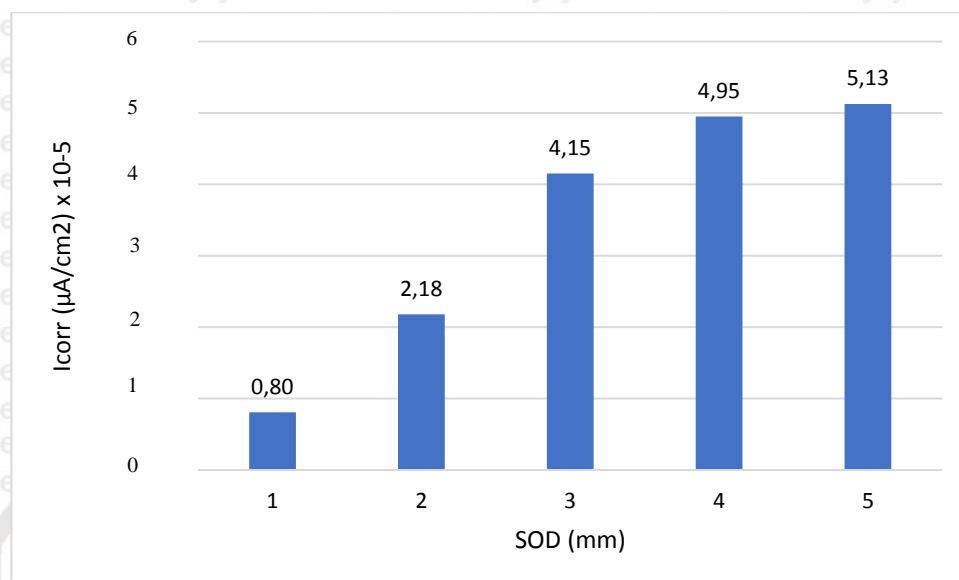
Pada B – C , merupakan daerah yang dibutuhkan untuk mencapai potensial yang dibutuhkan dalam terjadinya lapisan pasifasi. Pada titik C, merupakan titik dimana telah mencapai potensial dimana dapat timbul lapisan pasif.

Pada C – D, merupakan lapisan pasif. Lapisan pasif merupakan Lapisan yang timbul di permukaan akibat dari reaksi dengan lingkungannya. Lapisan tersebut akan melindungi

permukaan dari terjadinya korosi. Pada titik D, merupakan potensial dimana lapisan pasif tersebut telah rusak sehingga permukaan akan terkorosi.

Pada D – E , Permukaan benda terkorosi secara bebas.

Dari grafik tersebut, maka akan didapat nilai I_{corr} (total arus pada luas penampang, $\mu A/cm^2$)

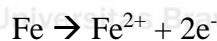


Gambar 4.2 Hubungan SOD dengan I_{corr}

Dari grafik diatas, didapatkan nilai I_{corr} SOD 1mm sebesar $0,809 \times 10^{-5} \mu A/cm^2$, 2mm sebesar $2,18 \times 10^{-5} \mu A/cm^2$, 3mm sebesar $4,15 \times 10^{-5} \mu A/cm^2$, 4mm sebesar $4,95 \times 10^{-5} \mu A/cm^2$, dan 5mm sebesar $5,13 \times 10^{-5} \mu A/cm^2$.

Dari grafik tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi nilai SOD, maka nilai I_{corr} juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh saat nilai SOD ditambah, maka reaksi anodik yang terjadi juga akan semakin meningkat. Reaksi anodik adalah reaksi dimana elektron dan atom terpisah. Dari reaksi anodik tersebut, elektron akan berpindah menuju elektroda pembantu. Dengan penambahan SOD, nilai i_{corr} (elektron yang berpindah) akan bertambah dikarenakan jumlah elektron yang mengalir semakin banyak.

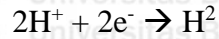
Reaksi yang terjadi pada fenomena ini adalah reaksi oksidasi



Reaksi tersebut merupakan reaksi yang terjadi pada elektroda kerja. elektron yang terlepas akan mengalir menuju elektroda pembantu. Elektroda pembantu akan mengukur banyaknya elektron yang diterima menggunakan alat ukur Galvanometer. Dengan penambahan nilai SOD, maka reaksi oksidasi akan semakin banyak sehingga jumlah elektron yang mengalir akan semakin banyak pula. Banyaknya reaksi oksidasi pada

elektroda kerja juga menunjukkan banyak nya atom yang terlepas yang menunjukkan korosi yang terjadi.

Dengan mengalirnya elektron menuju Elektroda Pembantu, elektron akan bereaksi dengan lingkungannya

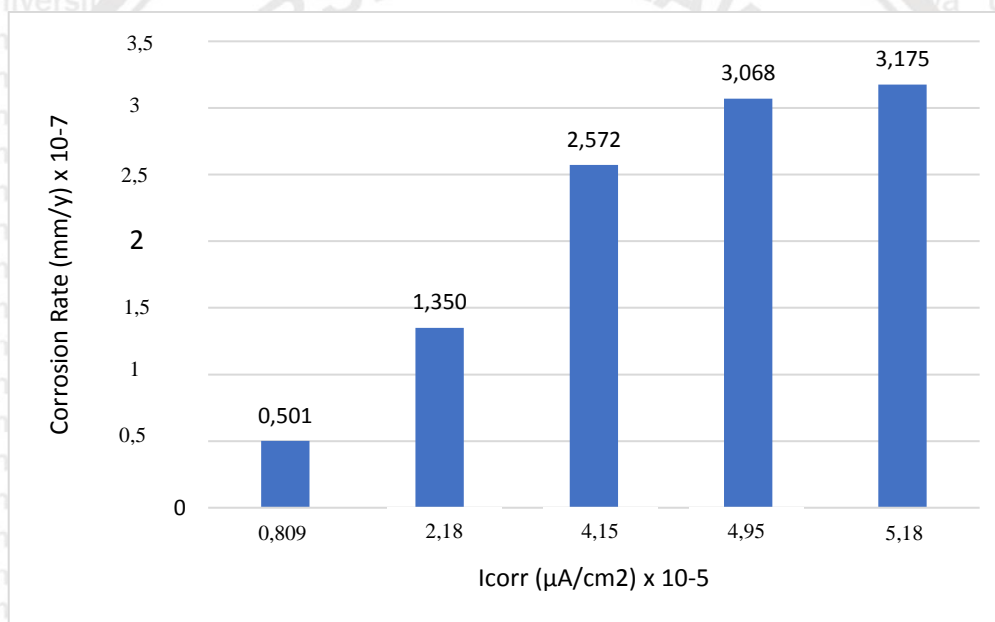


Pada reaksi tersebut, elektron yang diterima oleh elektroda pembantu akan bereaksi dengan lingkungannya sehingga menimbulkan gelembung udara.

4.3.2 Diagram Hubungan Icorr dengan Laju Korosi

Dari didapatnya data Icorr, maka nilai Laju Korosi dapat ditemukan. Laju korosi didapatkan melalui perhitungan rumus metode Elektrokimia. Dengan dihitungnya laju korosi, maka akan didapatkan besarnya jarak yang terkorosi dari permukaan tiap tahunnya.

Berikut merupakan hubungan antara Icorr dengan Laju Korosi yang terjadi



Gambar 4.3 Hubungan Icorr dengan Laju Korosi

Dari gambar didapatkan nilai nilai laju korosi pada Icorr $0,809 \times 10^{-5} \mu\text{A}/\text{cm}^2$ sebesar $0,501 \times 10^{-7} \text{ mm/y}$, Icorr $2,18 \times 10^{-5} \mu\text{A}/\text{cm}^2$ sebesar $1,350 \times 10^{-7} \text{ mm/y}$, Icorr $4,15 \times 10^{-5} \mu\text{A}/\text{cm}^2$ sebesar $2,572 \times 10^{-7} \text{ mm/y}$, Icorr $4,95 \times 10^{-5} \mu\text{A}/\text{cm}^2$ sebesar $3,068 \times 10^{-7} \text{ mm/y}$, dan Icorr $5,18 \times 10^{-5} \mu\text{A}/\text{cm}^2$ sebesar $3,175 \times 10^{-7} \text{ mm/y}$.

Dari gambar disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai Icorr maka nilai Laju korosi akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin besar nilai Icorr, maka akan semakin banyak ion positif yang lepas dari elektroda kerja sehingga nilai laju korosinya juga semakin

meningkat. Hubungan I_{corr} dengan Laju korosi dapat dilihat pada perhitungan laju korosi metode elektrokimia seperti pada berikut :

$$CR = \frac{K \times Ew \times icorr}{D}$$

Dimana :

CR : Laju Korosi (mm/y)

K : Konstanta

E_w : Equivalent Weight

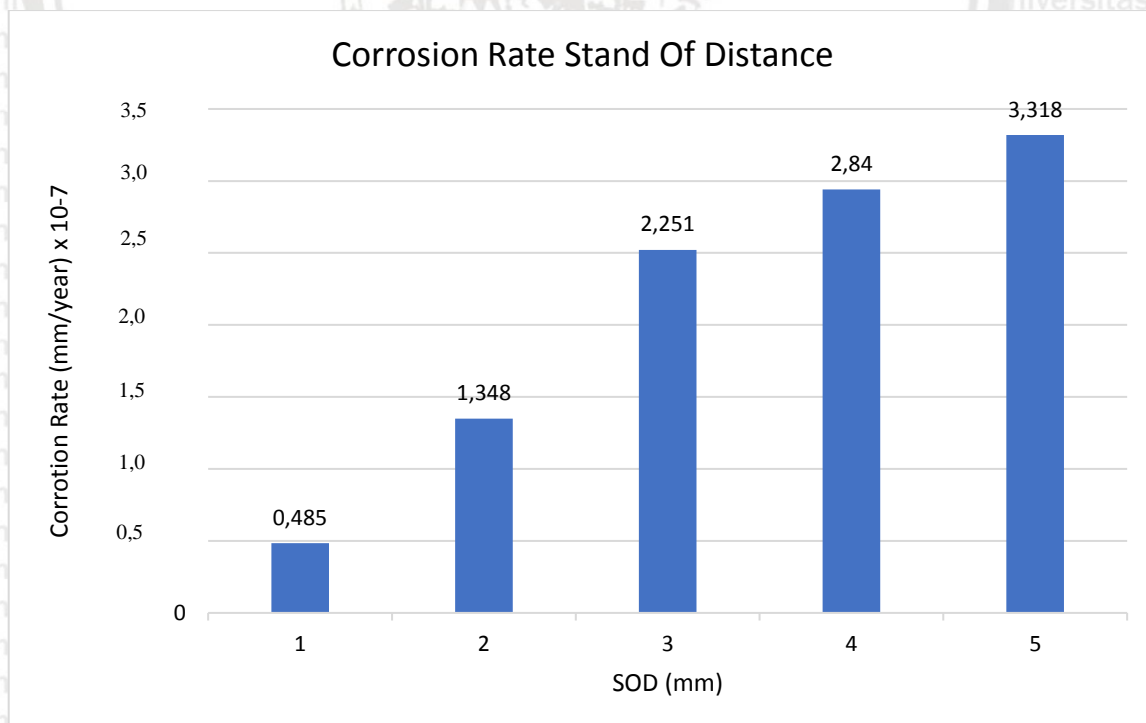
I_{corr} : Corrosion Current Density ($\mu A/cm^2$)

D : Density (g/cm^3)

Dari rumus diatas, I_{corr} dan Laju Korosi berbanding lurus. Sehingga saat nilai I_{corr} semakin naik, maka nilai Laju Korosi juga akan semakin meningkat.

4.3.3 Diagram Pengaruh *Stand Of Distance* Terhadap *Corrosion Rate*

Berikut merupakan hasil pengujian dari variasi SOD terhadap laju korosi yang terjadi saat dilakukan pengujian menggunakan NaCl 3,5%



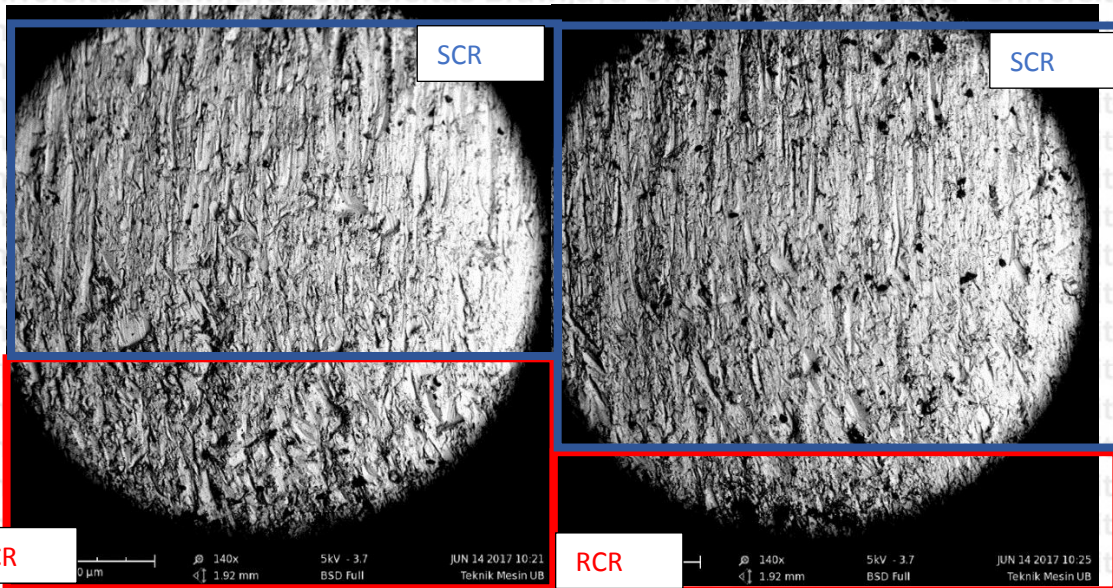
Gambar 4.4 hubungan SOD dengan Laju korosi

Gambar 4.1 yang menjelaskan tentang dampak dari variasi *Stand Of Distance* terhadap Laju korosi yang terjadi. Dari definisi *Stand of Distance* (SOD) yang berarti jarak dari ujung *nozzle* menuju benda kerja, maka dapat dilihat di diagram bahwa percobaan laju korosi ini menggunakan variasi SOD yang berbeda yaitu 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, dan 5mm. Dari pengujian tersebut, didapat nilai laju korosi pada SOD 1mm sebesar $4,8515 \times 10^{-8}$, SOD 2mm sebesar $1,3485 \times 10^{-7}$, SOD 3mm sebesar $2,52171 \times 10^{-7}$, SOD 4mm sebesar $2,94201 \times 10^{-7}$, dan SOD 5mm sebesar $3,31856 \times 10^{-7}$.

Dari gambar 4.1 diatas, dapat disimpulkan bahwa jarak dari *nozzle* menuju ke benda kerja dapat mempengaruhi nilai dari Laju Korosi yang terjadi. Kesimpulan yang didapatkan adalah semakin jauh jaraknya atau semakin besar nilai SOD, maka nilai laju korosi yang terjadi juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena saat jaraknya semakin jauh, maka akan mempengaruhi kecepatan dari campuran partikel abbrasive dan air.

Pada campuran abrasive dan air yang keluar dari ujung *Nozzle*, terdapat dua daerah aliran, yang pertama adalah *Initial Zone* dimana aliran tersebut masih memiliki kecepatan yang sama dengan kecepatan pada ujung *Nozzle*. Seberapa jauh jarak *Initial Zone* tergantung pada tekanan yang digunakan dan diameter *Nozzle*. Daerah yang kedua adalah *Principal Zone* dimana daerah ini aliran mulai mengalami pengurangan kecepatan tergantung pada arah radial dan axial nya. Saat terjadi jarak SOD yang terlalu besar, maka *Initial Zone* tidak akan mengenai benda kerja, sehingga benda kerja masuk daerah *Principal Zone*. Dengan benda kerja yang berada pada *Principal Zone*, maka kecepatan aliran tidak memiliki kekuatan yang sama dengan kecepatan pada ujung *Nozzle*. Gaya yang berkurang tersebut menyebabkan partikel abbrasive tidak mengikis benda kerja secara maksimal sehingga menyebabkan nilai kekasaran permukaan semakin naik.

Pada proses pemotongan, akan timbul tiga bagian pada permukaan benda kerja. bagian pertama adalah IDR (*Initial Damage Region*) yang merupakan bagian paling dangkal pada permukaan benda kerja, yang kedua adalah SCR (*Smooth Cutting Region*) yang merupakan bagian yang memiliki permukaan halus, dan yang ketiga adalah RCR (*Rough Cutting Region*) yaitu bagian yang memiliki permukaan kasar. Dengan menambah nilai SOD, maka daerah SCR akan berkurang dan daerah RCR akan bertambah.



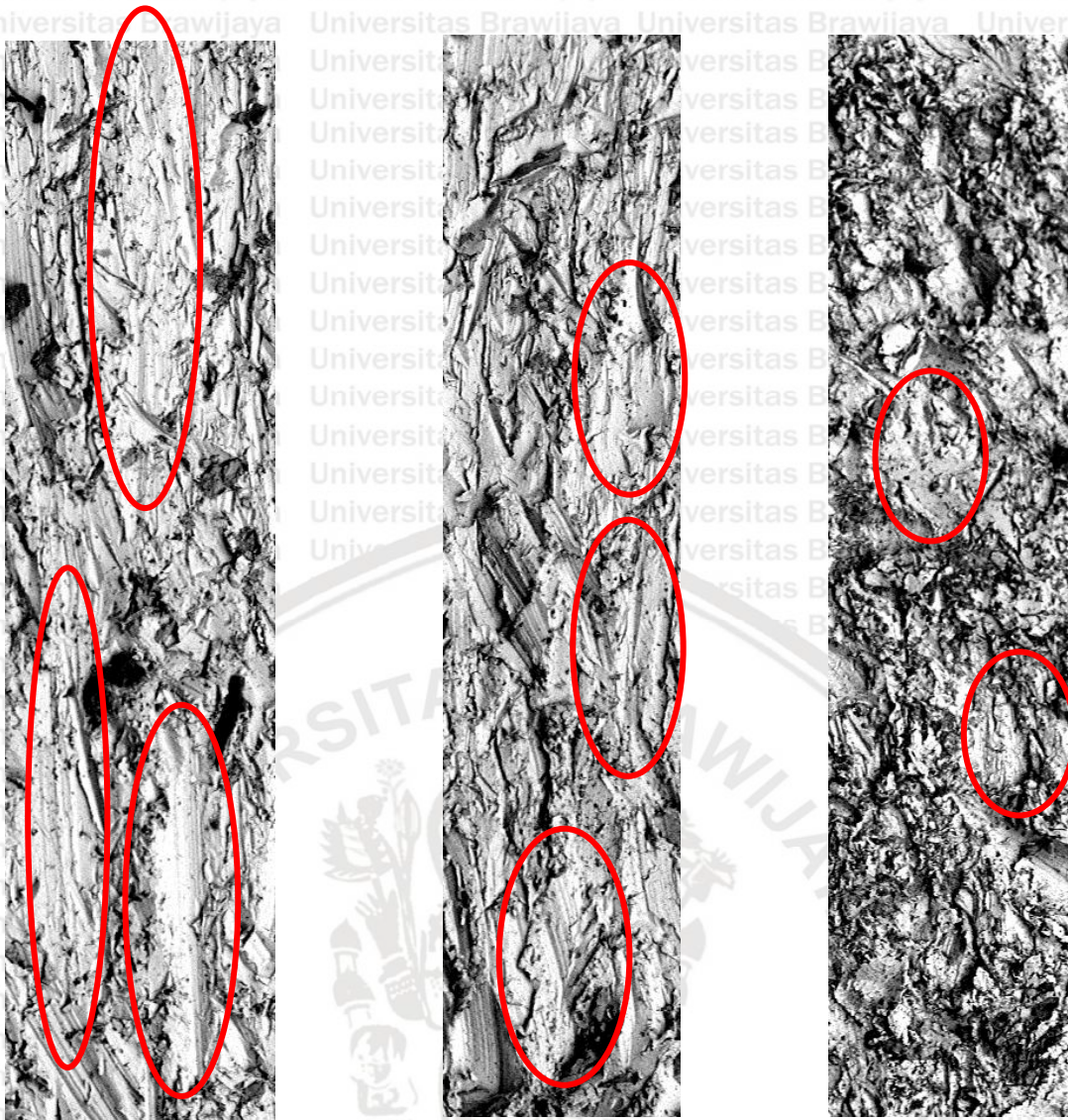
A

B

Gambar 4.5 permukaan pembesaran 140x

Gambar 4.5 A : Stand Of Distance 5mm , Gambar B : Stand Of Distance 1mm

Penjelasan dampak dari SOD adalah semakin lebarnya diameter aliran jet sebelum bertumbukan dengan material sehingga densitas partikel abrasivenya berkurang. Dari berkurangnya densitas partikel abrasive, menyebabkan berkurangnya kedalaman penetrasi sehingga bertambahnya nilai kekasaran.



A

B

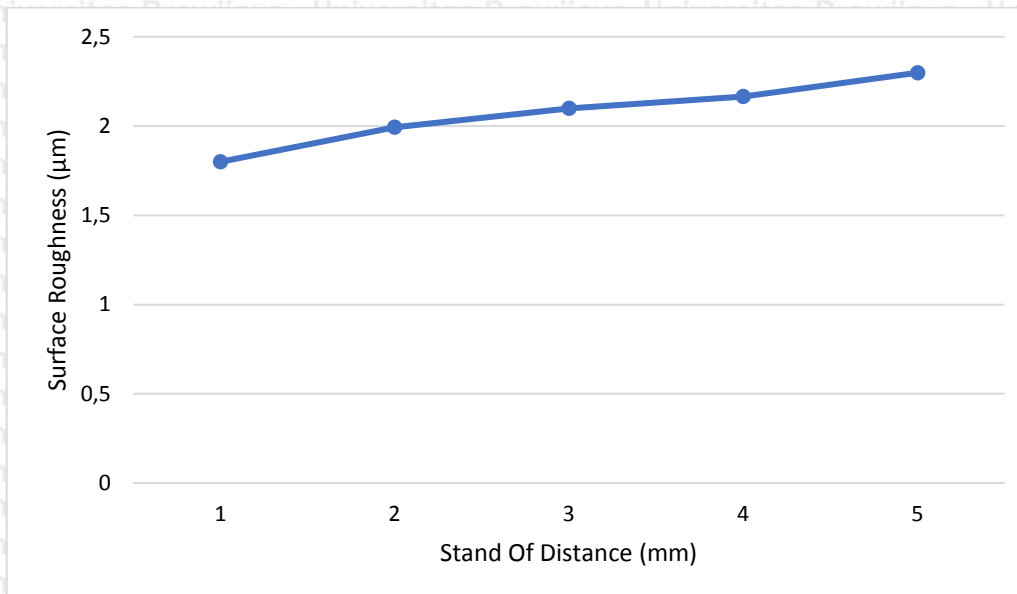
C

Gambar 4.6 Hasil pembesaran 400x permukaan
 Gambar 4.6 A = SOD 1mm , B = SOD 3mm , C = SOD 5mm

Gambar 4.3 A adalah hasil gambar dari permukaan material dengan variasi SOD 1mm. Dari gambar 4.3 A, dapat dilihat bahwa masih banyak terdapat garis vertical hasil dari tumbukan antara partikel abrasive dengan material. Dari gambar A juga dapat disimpulkan pemakanan tersebut berlangsung cukup lama sebelum akhirnya partikel kehilangan energinya. Hal ini disebabkan karena saat jaraknya dekat, maka energi yang hilang dari partikel abrasive menuju ke permukaan benda kerja masih belum banyak, sehingga energi tersebut dapat memotong lebih merata. Dibandingkan dengan gambar B yang merupakan SOD 3mm, pemakanan yang terjadi semakin sedikit dan mulai timbul kekasaran yang diakibatkan karena partikel tidak dapat mengikis material. Pada gambar C dengan SOD 5mm, dapat

dilihat kekasarannya sangat tinggi dikarenakan energi dari partikel abrasive saat menumbuk material tidak cukup untuk memotong material, sehingga permukaannya kasar.

Hubungan kekasaran dengan laju korosi dapat dikuatkan dengan Grafik berikut



Gambar 4.7 hubungan SOD dengan kekasaran permukaan

Dari gambar 4.4, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai kekasaran dan laju korosi berbanding lurus. Hal tersebut berarti kekasaran permukaan memang memiliki pengaruh pada laju korosi. Semakin besar nilai kekasaran, maka laju korosinya yang dihasilkan juga akan semakin besar. Penyebab pengaruh kekasaran adalah kekasaran menyebabkan perbedaan luas permukaan dengan teoritisnya. Luas permukaan tersebut akan mempengaruhi nilai Icorr dimana nilai Icorr akan mempengaruhi nilai laju korosinya.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan Variasi SOD yang dilakukan, didapatkan kesimpulan yaitu SOD akan berpengaruh terhadap Korosi yang terjadi. Semakin besar nilai SOD nya, maka nilai laju korosinya juga akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena SOD akan mempengaruhi jarak antara ujung Nozzle menuju benda kerja. dampak dari jarak tersebut adalah aliran jet yang terpampang udara akan semakin banyak sehingga energi gerak yang dimiliki oleh jet akan berkurang. Saat energi yang dimiliki berkurang, menyebabkan kemampuan jet dalam mengikis menyebabkan permukaannya menjadi kasar. Permukaan yang. Saat terdapat permukaan yang kasar, maka laju korosi yang terjadi juga semakin besar dikarenakan semakin luasnya penampang benda kerja tersebut dan menyebabkan semakin banyak reaksi oksidasi yang terjadi di permukaannya.

5.2 Saran

1. Untuk PT Surya Jaya Perkasa lebih diperhatikan lagi pengerjaannya agar tidak terjadi kecacatan yang tidak diinginkan pada material.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut sehubungan dengan mesin Abrasive Water Jet Cutting dikarenakan masih banya parameter yang dapat dicoba.
3. Pada laboratorium Elektrokimia ITS, diharapkan lebih tepat waktu terhadap pengerjaan material.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan Variasi SOD yang dilakukan, didapatkan kesimpulan yaitu SOD akan berpengaruh terhadap Korosi yang terjadi. Semakin besar nilai SOD nya, maka nilai laju korosinya juga akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena SOD akan mempengaruhi jarak antara ujung Nozzle menuju benda kerja. dampak dari jarak tersebut adalah aliran jet yang terpampang udara akan semakin banyak sehingga energi gerak yang dimiliki oleh jet akan berkurang. Saat energi yang dimiliki berkurang, menyebabkan kemampuan jet dalam mengikis menyebabkan permukaannya menjadi kasar. Permukaan yang. Saat terdapat permukaan yang kasar, maka laju korosi yang terjadi juga semakin besar dikarenakan semakin luasnya penampang benda kerja tersebut dan menyebabkan semakin banyak reaksi oksidasi yang terjadi di permukaannya.

5.2 Saran

1. Untuk PT Surya Jaya Perkasa lebih diperhatikan lagi pengerjaannya agar tidak terjadi kecacatan yang tidak diinginkan pada material.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut sehubungan dengan mesin Abrasive Water Jet Cutting dikarenakan masih banya parameter yang dapat dicoba.
3. Pada laboratorium Elektrokimia ITS, diharapkan lebih tepat waktu terhadap pengerjaan material.

DAFTAR PUSTAKA

Adnan Akkurt. 2015. *The Effect of Cutting Process on Surface Microstructure and Hardness of pure and Al 6061 Aluminium Alloy*. Ankara : Gazi University.

Almansour. 2015. *Effect of Surface Roughness behavior of aluminum Alloy 6061 in Salt Solution*. Aleppo: Aleppo University.

Chithirai Pon Selvan. 2012. *Analysis of Surface Roughness in Abrasive Water Jet Cutting of Cast Iron*. Coimbatore : Karpagam University..

Cristian Birtu, 2012. *Abrasive water jet Cutting – Technique, Equipment, Performance*. Mechanical Engineering and Research Institute, Bucharest

Dagmar Klichova. 2016. *Study of Effect of Material Machinability on Quality of Surface Created by Abrasive Water Jet*. Ostrava : Institute of Geonics of the CAS.

M. Chitirai Pon Selvan, 2012. *Effects of process parameters on surface roughness in abrasive waterjet cutting of aluminium*. Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Mohamed Hashish, 1989. *An Investigation of Milling With Abrasive-Waterjets*. Senior Research Scientist

P. Shanmugasundaram, 2014. *Influence of abrasive water jet machining parameters on the surface roughness of eutectic Al-Si alloy Graphite Composites.. Department of Automobile Engineering, Karpagam University,*

Radovan Kovacevic, 1992, *Monitoring The Depth of Abrasive Waterjet Penetration*. Printed in Great Britain

Serope Kalpakjian. 2014. *Manufacturing Engineering and Technology*. Chicago: Illinois Institute of Technology.

<http://water-jet-cutter.blogspot.co.id/> , diakses 8 maret 2017.

<http://denyfarhanptm.blogspot.co.id/2014/05/water-jet.html> , diakses 8 maret 2017.