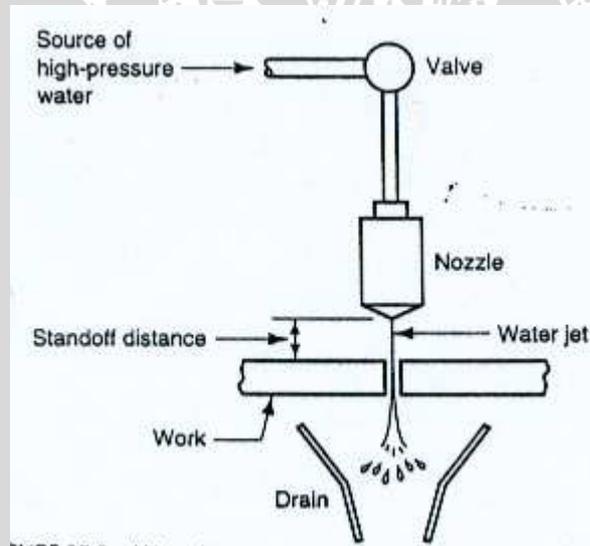


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Water Jet Cutter

Water jet cutter merupakan alat yang digunakan dalam proses pemotongan dingin dengan jalan menyemprotkan air yang bertekanan dan kecepatan tinggi ke permukaan benda kerja. Prinsip kerja dari mesin ini adalah memotong material dengan media air bertekanan dengan penampang yang kecil pada material secara kontinyu. Proses *water jet* dasar melibatkan air mengalir dari pompa, melalui pipa, dan keluar dari kepala pemotongan melalui lubang *nozzle*. Dalam pemotongan *water jet*, proses pemotongan material dapat digambarkan sebagai proses erosi *supersonic*. Proses ini pada dasarnya sama dengan erosi air yang ditemukan di alam tapi sangat cepat dan terkonsentrasi. *Water jet cutter* mempunyai daya potong yang hampir tidak terbatas, karena *water jet* dapat memotong berbagai material dari yang lunak hingga yang keras, dari yang ulet hingga yang tangguh dengan tingkat ekonomis yang tinggi.



Gambar 2.1 Proses pemotongan *water jet cutter*
Sumber: repository.binus.ac.id

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

dan lain-lain. Selain daripada itu, *water jet machining* termasuk proses pemotongan yang ramah lingkungan, karena tidak terjadi pelelehan material atau produk sampingan (*byproduct*) yang berdebu, maka udara disekitarnya tidak tercemar, tidak beracun dan sangat aman dari bahaya kebakaran. Proses pemotongan menggunakan *water jet cutter* dibagi menjadi dua:

a. *Water jet cutter*

Murni hanya menggunakan air dan dapat memotong bahan-bahan seperti komposit, polimer, kayu.

b. *Abrasive water jet cutter*

Menggunakan air dan dicampur *abrasive* yang biasanya menggunakan bahan granit, dapat memotong bahan-bahan yang relatif lebih keras seperti logam dll.

Pada penelitian ini proses pemotongan yang digunakan adalah menggunakan *water jet cutter*. Adapun keuntungan dan kerugian proses pemotongan dengan menggunakan alat ini adalah sebagai berikut

Keuntungan proses pemotongan dengan menggunakan *water jet cutter*:

- a. Dapat digunakan untuk pemotongan yang sangat presisi
- b. Waktu yang dibutuhkan sangat cepat
- c. Ramah lingkungan, tidak menghasilkan limbah yang merusak lingkungan
- d. Lebih ekonomis karena air mudah di daur ulang
- e. Lebih aman karena sebuah kebocoran pada tekanan tinggi sistem air cenderung mengakibatkan penurunan yang cepat tekanan ke tingkat yang aman. Air itu sendiri adalah aman dan non-ledakan

Kerugian proses pemotongan dengan menggunakan *water jet cutter*:

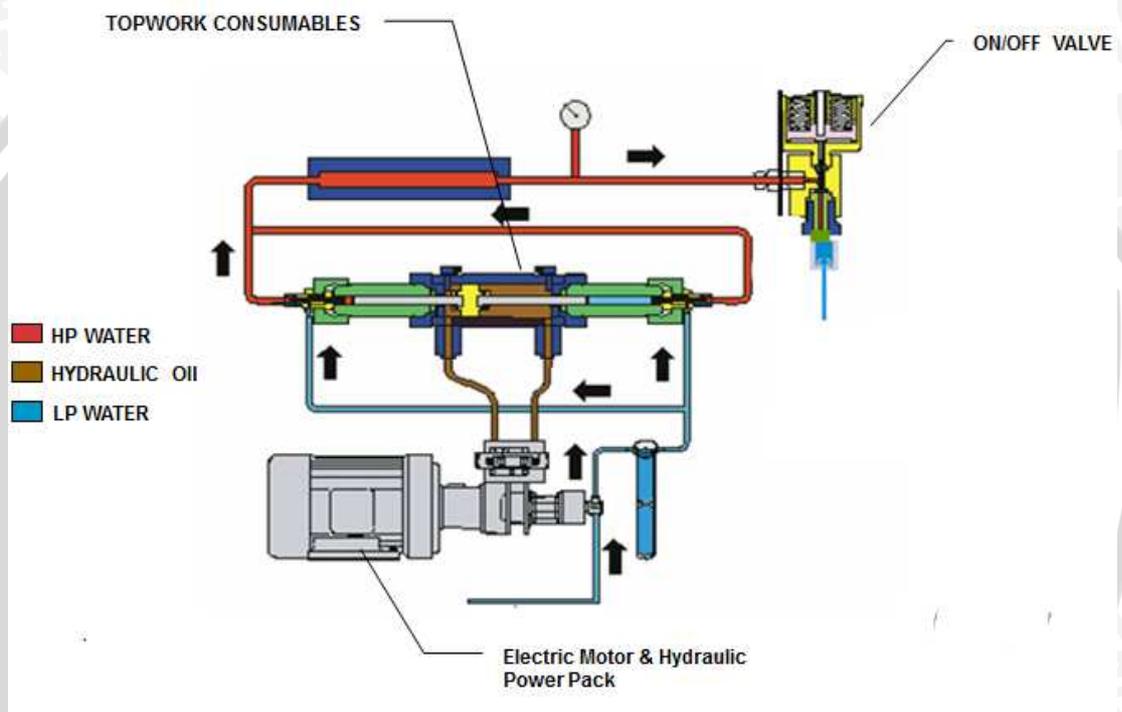
- a. Biaya awal untuk pembelian mesin *water jet cutter* tinggi, namun untuk proses produksi selanjutnya bila dibandingkan dengan peralatan lain lebih murah, serta menghemat waktu pengerjaan.
- b. Perlu adanya perawatan khusus dan berkala, karena air dipaksa untuk melewati lubang yang sangat sempit sehingga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

2.2 Proses Kerja Water Jet Cutter

Proses *water jet cutter* ini berawal dari motor listrik yang akan menggerakkan *intensifier pump* yang fungsinya untuk menciptakan kekuatan untuk menekan air. Lalu *intensifier* menghasilkan air bertekanan tinggi menuju ke *water jet cutting system* yang menghasilkan aliran untuk memotong material.

System *water jet* ini meliputi 2 peralatan utama yaitu:

1. *Hidraulic unit dan Intensifier pump*
2. *Water jet cutting system*



Gambar 2.2 Skema *Water Jet Cutter*
Sumber: kmtwaterjet.com

2.2.1 Hidraulic Unit dan Intensifier Pump



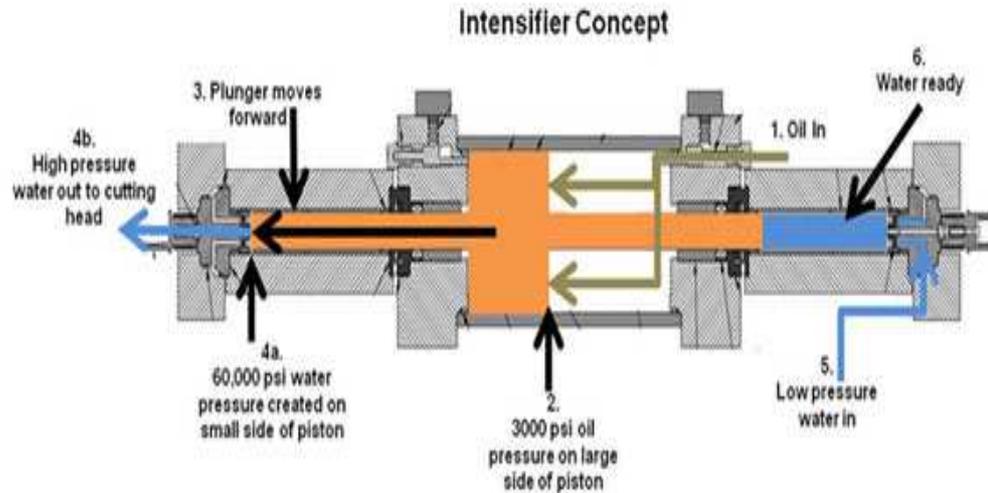
Gambar 2.3 Hidraulic unit dan intensifier pump

Sumber: wardjet.com

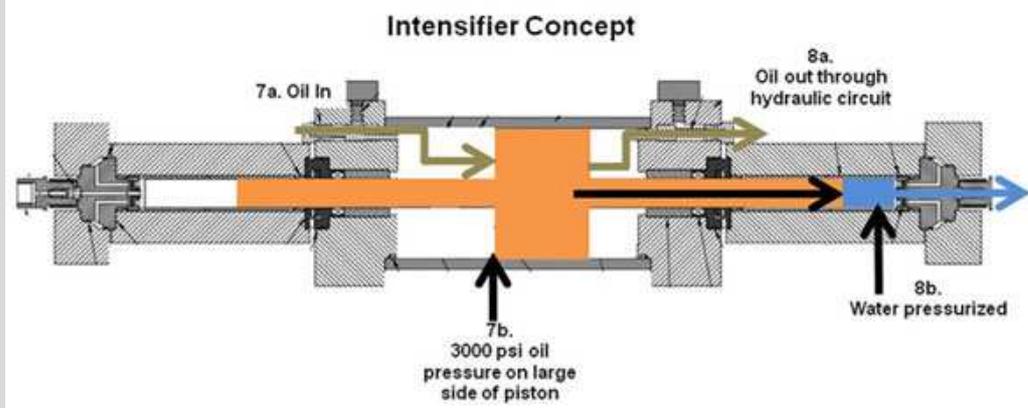
Jenis pompa menggunakan tekanan hidrolik yang dikembangkan oleh sebuah motor listrik penggerak pompa hidrolik, yang pada nantinya mendorong piston maju dan mundur. Jenis pompa yang digunakan adalah *Intensifier based pump* yang merupakan suatu sistem pompa air yang dapat menghasilkan air bertekanan tinggi secara kontinu.

Motor listrik menyebabkan pompa hidrolik mensirkulasikan cairan hidrolik pada *intensifier pump* yang menyebabkan piston beserta *plunger* kiri dan kanan dapat bergerak maju mundur secara terus-menerus. Pada saat batang *plunger* di sebelah kiri bergerak ke arah kanan, air dari sumber tersedot masuk ke dalam pipa penampung sementara, sedangkan pada *plunger* bagian kanan, air didorong keluar dari pipa penampung sementara menuju lubang *cutting head*, dan sebaliknya pada saat cairan fuida disirkulasikan kembali, batang piston di sebelah kanan bergerak ke arah kiri dan menyedot air dari sumber air ke dalam pipa penampung sementara, dan pada sisi kiri dari pompa, air yang telah disedot masuk tadi didorong keluar menuju lubang *cutting head*. Sehingga dengan prinsip kerja seperti ini, kita dapat menghasilkan debit air secara kontinu dengan tekanan dan

kelajuan yang sangat tinggi, Proses kerja yang terjadi didalam *intensifier pump* dapat ditunjukkan dengan gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Proses kerja *Intensifier pump*
Sumber: wardjet.com



Gambar 2.5 Proses kerja *Intensifier pump*
Sumber: wardjet.com

1. Oli masuk setengah ke dalam *hydraulic cylinder*
2. Oli yang masuk tadi mendorong piston ke arah kiri
3. *Plunger* berkerak ke kiri
4. Air bertekanan tinggi keluar dari *intensifier* melalui pusat *check valve*
5. *Plunger* bergerak ke kiri, mengalirkan air ke dalam *high pressure cylinder* melalui lubang inlet dari *check valve*

6. *Plunger* telah mencapai ujung stroke ke kiri, yang mengakibatkan silinder sisi kanan tekanan tinggi penuh air
7. Katup kontrol penyearah menerima sinyal melalui sensor jarak dekat piston untuk membalikkan aliran minyak hidrolik. Minyak sekarang dipaksa masuk ke kiri setengah dari silinder hidrolik dan piston bergerak ke kanan
8. Minyak keluar, hal ini untuk menciptakan gerak maju mundur pada piston
Tekanan dari air dicapai dengan menggunakan prinsip penguatan tekanan, prinsip ini ditunjukkan dengan kesetimbangan gaya pada *intensifier pump*.
Tekanan minyak hidrolik bekerja pada piston mengakibatkan gaya pada plunger karena adanya penyempitan penampang.

Kesetimbangan gaya akan dicapai sewaktu tekanan air sama dengan tekanan hidrolik minyak dikalikan luas penampang efektif dibagi luas penampang *plunger*. Perbandingan antara luas area plunger didefinisikan sebagai “*Intensification Ratio*”.

2.2.2 Water Jet Cutting System

Air bertekanan tinggi yang keluar dari *intensifier pump* lalu menuju *water jet cutting system* yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu *attenuator* dan *cutting head*.

2.2.2.1 Attenuator



Gambar 2.6 Attenuator

Sumber: wardjet.com

Tekanan air yang dikuatkan oleh *intensifier* dilewatkan *attenuator* dimana fungsinya mengeliminasi lonjakan aliran air sehingga menjadi aliran halus dan terfokus (*streamline*) menuju *cutting head* untuk melakukan pemotongan benda kerja.

2.2.2.2 Cutting Head



Gambar 2.7 Cutting head
Sumber: kmtwaterjet.com

Cutting head merupakan rangkaian peralatan potong dimana air mengalir dengan kecepatan dan tekanan yang tinggi dan dapat digunakan untuk memotong material.

Pada *cutting head* terdapat *orifice* yang mempunyai lubang sangat kecil. Lubang inilah yang dilalui oleh air untuk memotong material.

2.3 Prinsip Kerja Water Jet Cutter

Prinsip pemotongan material dengan menggunakan *water jet cutter* adalah dengan cara menabrakkan suatu aliran air dengan kecepatan yang sangat tinggi ke permukaan material yang akan dipotong, sehingga material tersebut akan terkikis (ter-abrasi). Dengan menumbukkan air pada material, maka akan terjadi impuls pada material tersebut yang merupakan perubahan momentum akibat aliran air.

Prinsip tersebut dapat ditunjukkan dengan rumus:

Impuls = perubahan momentum

$$F \cdot \Delta t = \Delta p$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

dimana: F = gaya akibat semprotan air

Δp = perubahan momentum

= momentum linier awal – momentum linier akhir

$$= m.v - m.(0)$$

m = massa

v = kecepatan

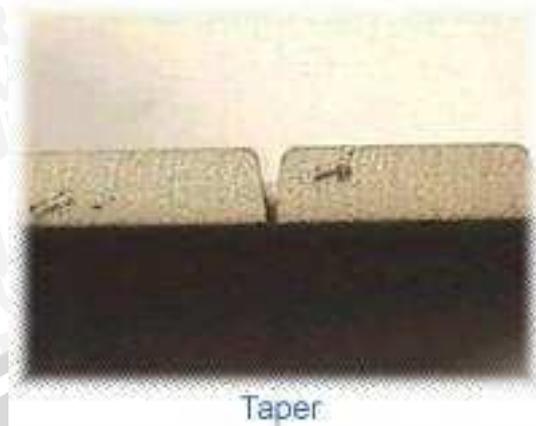
Δt = selang waktu perubahan momentum

Dari rumus diatas dapat dikatakan bahwa semakin cepat kecepatan air yang keluar dari *nozzle* maka gaya yang dihasilkan akan semakin besar. Gaya tersebut berfungsi untuk mengabrasi (melepaskan ikatan antar molekul) dari material komposit. Semakin besar gaya yang ditimbulkan, akan semakin besar pula kemampuan air untuk melepaskan ikatan molekul dari material yang dipotong.

2.4 Parameter *Water Jet Cutter*

Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kualitas hasil pemotongan proses *water jet cutter* di antaranya yaitu jarak *nozzle* dengan benda kerja (*stand of distance*), tekanan pemotongan, besar diameter *nozzle* dan kecepatan pemotongan.

Salah satu parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan potong adalah kecepatan pemotongan. Semakin tinggi kecepatan pemotongan maka tingkat kekasaran akan semakin besar, begitu pula sebaliknya, semakin rendah kecepatan pemotongan maka tingkat kekasaran akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan pada kecepatan pemotongan yang rendah material akan terpotong dengan lebih sempurna dan nilai kekasarannya permukaan potongnya rendah. Selain itu jika kecepatan pemotongan terlalu cepat akan berpengaruh terhadap ketegaklurusan hasil pemotongan atau disebut *taper*.



Gambar 2.8 *Taper*
Sumber: wardjet.com

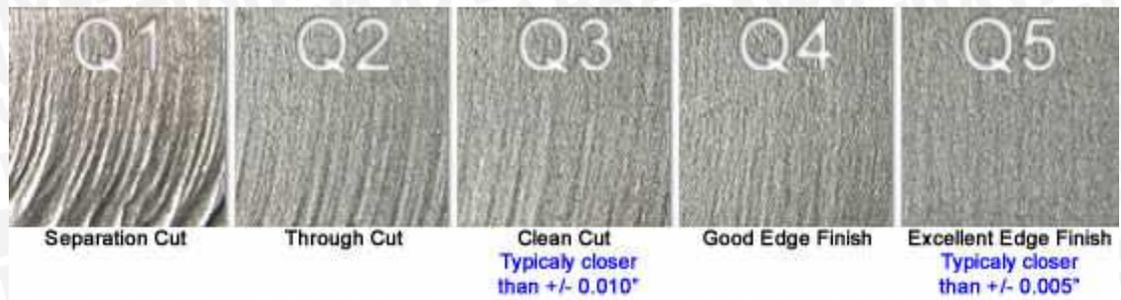
Namun perlu dipertimbangkan juga masalah lamanya waktu pemotongan, seperti yang kita ketahui jika kecepatan pemotongan yang digunakan terlalu rendah akan berdampak pada produktifitas pemotongan yang rendah pula. Sebaliknya pada kecepatan pemotongan yang tinggi memang proses pemotongan akan lebih cepat akan tetapi nilai kekasaran yang dihasilkan juga tinggi dengan kata lain kualitas hasil pemotongannya menjadi semakin buruk.

Tentunya pada proses pemotongan suatu material lamanya waktu pemotongan harus benar-benar dipertimbangkan selain masalah kualitas hasil pemotongan yang dihasilkan, karena seperti yang kita ketahui pada kecepatan potong yang rendah waktu yang digunakan untuk memotong material akan memakan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan menggunakan kecepatan pemotongan yang tinggi (diasumsikan luasan material yang dipotong sama).

2.5 Kualitas Hasil Pemotongan

Kualitas hasil pemotongan yang menggunakan *water jet cutter* dapat dilihat dari beberapa karakteristik, sebagai berikut:

- Kekasaran permukaan hasil potong
- Lebar *kerf* hasil potong



Gambar 2.9 Kualitas hasil pemotongan
Sumber: en.wikipedia.org

Kualitas hasil pemotongan dibagi menjadi 5 tingkatan, dimana nomor yang paling rendah menandakan kualitas hasil pemotongan dengan nilai kekasaran paling tinggi. Untuk material yang tipis, perbedaan *cutting speed* untuk Q1 bisa tiga kali lebih cepat dibandingkan Q5.

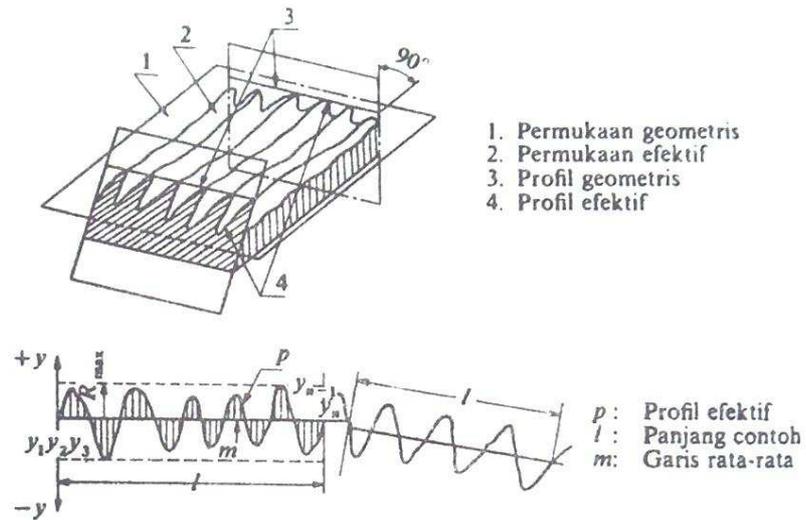
Pada material hasil pemotongan dengan nilai kekasaran permukaan yang tinggi tentunya masih diperlukan perlakuan lanjutan atau proses *finishing*, sementara pada material hasil pemotongan dengan nilai kekasaran yang rendah tidak diperlukan lagi proses *finishing*.

2.5.1 Kekasaran Permukaan

Pada pemotongan menggunakan *water jet cutter*, kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh parameter dari mesin *water jet cutter* sendiri. Kekasaran permukaan merupakan faktor penting untuk menjamin mutu bagian-bagian, seperti misalnya kesesuaian atau ketahanan, ketelitian, dan proses lanjutan.

2.5.1.1 Penyimpangan Rata-Rata Aritmetik dan Garis Rata-Rata Profil

Penyimpangan rata-rata aritmetik R_a adalah harga rata-rata dari ordinat-ordinat profil efektif garis rata-rata nya. Profil efektif berarti garis bentuk (*contour*) dari potongan permukaan efektif oleh sebuah bidang yang telah ditentukan secara konvensional, terhadap permukaan geometris ideal.



Gambar 2.10 Penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil
Sumber : Sato, 2000 ; 182

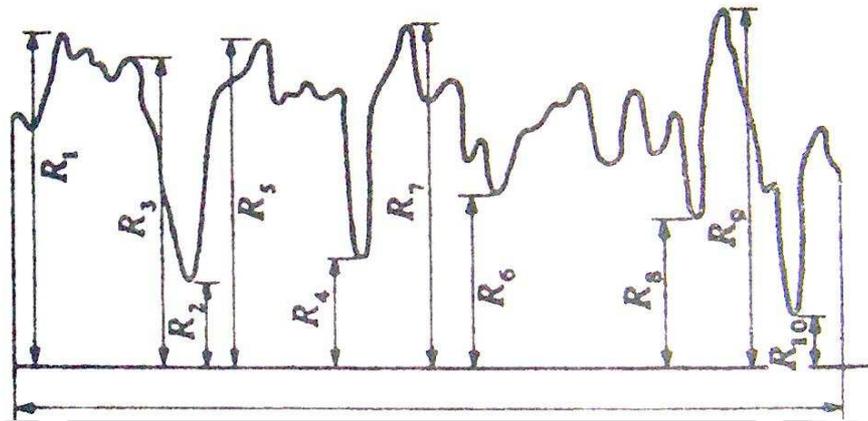
$$R_a = \frac{1}{l} \int_l^1 \frac{1}{l} |y| dx$$

$$R_a = \frac{\sum_1^n |y|}{n}$$

2.5.1.2 Ketidakrataan Ketinggian Sepuluh Titik R_z

Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik R_z adalah jarak rata-rata antara lima puncak tertinggi dan lima lembah terdalam antara panjang contoh, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata-rata, dan tidak memotong profil tersebut.

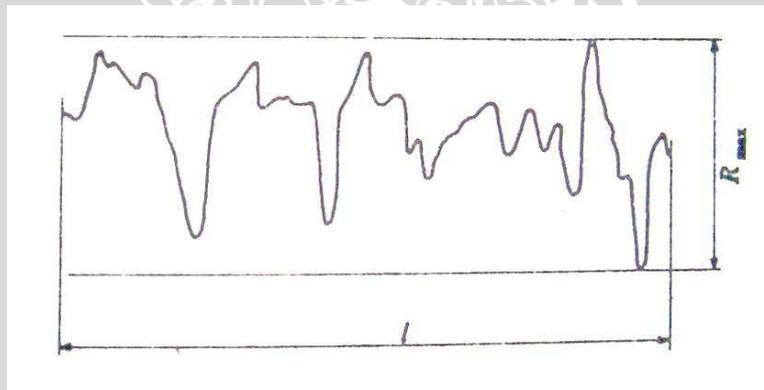
$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5}$$



Gambar 2.11 Ketinggian sepuluh titik R_z dari ketidak rataan
Sumber : Sato, 2000 ; 182

2.5.1.3 Ketidakrataan Ketinggian Maksimum R_{max}

Ketidak rataan ketinggian maksimum R_{max} adalah jarak antara dua garis sejajar dengan garis rata-rata, dan menyinggung profil pada titik tertinggi dan terendah, antara panjang contoh.



Gambar 2.12 Tinggi maksimum R_{max} dari ketidak rataan
Sumber : Sato, 2000 ; 183

2.5.2 Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Alat ukur yang digunakan dalam percobaan ini adalah alat ukur jenis Mitutoyo Surftest SJ-301. Berikut gambar 2.13 menjelaskan tentang alat ukur kekasaran Mitutoyo surftest SJ-301



Surftest SJ-301

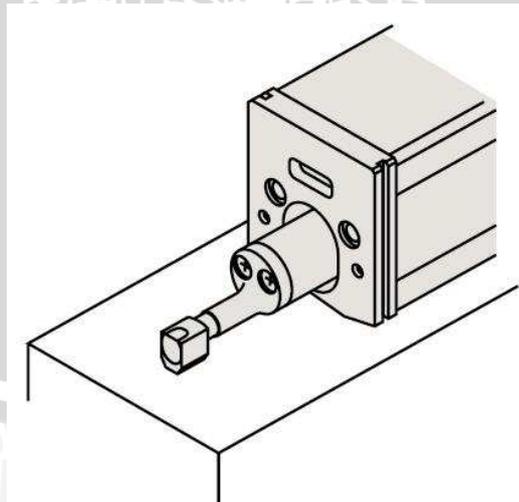
Gambar 2.13 Mitutoyo Surftest SJ-301

Sumber: Sato, 2000

Dalam penggunaannya alat ukur Mitutoyo Surftest SJ-301 memiliki prinsip kerja:

1. *Detector stylus* akan mendeteksi permukaan benda kerja yang akan diukur.
2. *Detector stylus* merubah gerakan mekanik yang terdeteksi menjadi sinyal elektrik.
3. Sinyal elektrik ini akan dimasukkan dalam proses perhitungan.
4. Hasil perhitungannya akan ditampilkan pada layar monitor (display).
5. Data dicetak.

Gambar 2.14 menjelaskan tentang detector stylus pada Mitutoyo Surftest SJ-301:

Gambar 2.14 *Detector Stylus* Mitutoyo Surftest SJ-301

Sumber: Sato, 2000

2.6 PTFE Gasket

Gasket mempunyai fungsi yang sama dengan *seal ring* yaitu untuk mencegah kebocoran karena terdapatnya rongga antara dua benda yang direkatkan. Namun *gasket* mempunyai bentuk dan ukuran yang lebih bervariasi dibandingkan dengan *seal ring*, seperti kotak, trapesium, segitiga, dll. Dalam penggunaannya, *gasket* mengalami tekanan yang menyebabkan ia berubah bentuk (gepeng). Agar dapat berfungsi dengan baik, *gasket* wajib memiliki sifat pampatan tetap (*compression set*) yang baik sehingga dia dapat mempertahankan bentuk awalnya pada saat terkena tekanan atau mengalami deformasi bentuk. Seringkali *gasket* beroperasi pada temperatur yang tinggi/rendah, maka hendaknya *gasket* tersebut mempunyai ketahanan yang baik terhadap temperatur panas/dingin.



Gambar 2.15 Gasket
Sumber: google.com

PTFE (polytetrafluoroethylene) adalah sebuah *polymer compound* yang sesuai untuk diproduksi sebagai gasket dan merupakan gasket yang paling banyak dikenal, karena bersifat multi fungsi dan memiliki banyak keunggulan. *PTFE* tahan terhadap panas sampai suhu 250°C . *PTFE* memiliki koefisien gesek terendah dari bahan padat yang dikenal. Selain itu material ini bersifat sangat tidak reaktif terhadap kimia sehingga sering digunakan sebagai di industri makanan ataupun pipa untuk bahan kimia yang reaktif.

2.6 Hipotesis

Dalam penelitian ini diambil hipotesa bahwa:

Perubahan kecepatan pemotongan mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekasaran permukaan sisi hasil potong *PTFE gasket* pada proses pemotongan menggunakan *water jet cutting*, dimana semakin tinggi kecepatan pemotongan maka nilai kekasaran permukaannya semakin meningkat, begitu pula sebaliknya.

