

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Dalam melakukan penelitian, observasi sangat dibutuhkan sebagai referensi untuk mencari sumber sumber yang berkaitan dengan judul yang diambil. Berikut adalah adalah beberapa refensi yang diambil penulis sebagai referensi:

Penelitian yang dilakukan oleh Sulistyono, dkk pada tahun 2011 berhasil melakukan sebuah penelitian yang membahas tentang optimasi proses *sand blasting* terhadap laju korosi hasil pengecatan baja aisi 430. Dimana dari hasil yang didapat Laju korosi rata-rata terendah sebesar 0.0000186 mpy terjadi pada tekanan 5,5 bar dan sudut penyemprotan 90°, sedangkan laju korosi rata-rata tertinggi terjadi pada tekanan penyemprotan 4 bar dan sudut penyemprotan 60° yaitu sebesar 0.000832mpy.

Selanjutnya ditahun yang sama peneli ini juga berhasil melakukan penelitian yang membahas tentang Pengaruh Waktu Dan Sudut Penyemprotan Pada Proses *SandBlasting* Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja AISI 430, dimana hasil dari penelitian tersebut didapat Dimana semakin kecil waktu penyemprotan dan semakin besar sudut penyemprotan maka laju korosinya semakin menurun.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Kromodiharjo, dkk pada tahun 2016 berhasil melakukan sebuah penelitian yang membahas tentang pengaruh tekanan dan waktu *sandblasting* terhadap kekasaran permukaan, biaya, dan kebersihan pada pelat baja karbon rendah di pt. swadaya graha. Dimana hasil yang paling baik terdapat pada perlakuan perlakuan tekanan 6 bar dengan waktu 10 detik yang memiliki total poin 2,8 dimana nilai kekasarannya memiliki kualitas sangat baik, biayanya sangat baik, dan kebersihannya baik.

Dan yang terakhir adalah penelitian yang dilakukan oleh Bangun, dkk pada tahun 2017 berhasil melakukan peneltian yang membahas tentang pengaruh waktu dan ukuran partikel *dry sandblasting* terhadap kekasaran permukaan pada baja karbon sedang. Adapun waktu yang digunakan pada saat melakuka proses *sandblasting* adalah 30", 60", 90", 120", 150", dan dengan menggunakan ukuran pasir 16 mesh, 20 mesh dan 40 mesh.

Dari beberapa literatur *review* yang ada, telah banyak penelitian yang membahas tentang proses *sandblasting* dengan variasi dan material yang berbeda, untuk menindak lanjuti penelitian selanjutnya seperti yang dikemukakan diatas, maka dilakukan penelitian proses *dry sandblasting* dengan variasi sudut dan waktu.

## **2.2 Landasan Teori**

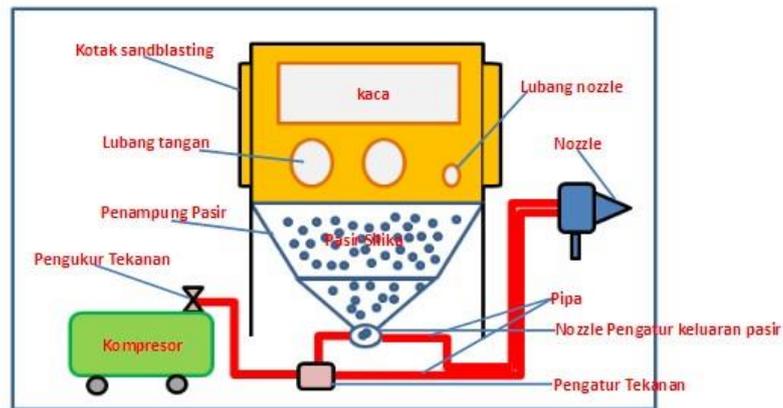
### **2.2.1 Sandblasting**

*Sandblasting* adalah proses yang diadaptasi dari teknologi yang biasa digunakan oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan, industri, ataupun fabrikasi untuk membersihkan atau mengupas lapisan yang menutupi sebuah obyek dengan cepat dan singkat. *Sandblasting* biasanya dilakukan dengan menyemprotkan material, biasanya berupa pasir khusus yang ditembakkan dengan tekanan dan relatif tinggi pada suatu permukaan dengan menggunakan kompresor.

Terjadinya perubahan kekasaran permukaan karena adanya tembakan partikel kecil yang tajam dengan kecepatan tinggi ke permukaan material. Akibat tumbukan partikel tersebut, material di permukaan mengalami perubahan bentuk secara permanen dan mengalami perubahan kekasaran material. Deformasi dan kekasaran permukaan yang terjadi dipengaruhi oleh ukuran, berat jenis, kekerasan partikel blasting, kecepatan partikel, sudut *nozzle*, dan lama waktu tembakan.

#### **a) Prinsip Kerja Sandblasting**

Prinsip kerja dari proses ini adalah mengalirkan udara bertekanan dari kompresor kemudian udara bertekanan tersebut dihubungkan melalui dua pipa. Pipa pertama menuju tabung pasir. Sedangkan pipa kedua dihubungkan langsung menuju *nozzle*. Yang selanjutnya ujung *nozzle* menghasilkan udara bertekanan dan pasir yang akan mengikis kotoran yang melekat pada benda kerja (Wira Prasetio Bangun. 2017).



Gambar 2.1 Sistem kerja *Dry Sandblasting*  
(Sumber: Bangun. 2017)

*Sandblasting* itu sendiri terdiri dari beberapa jenis, yaitu :

1) *Dry Sandblasting*

*Dry Sandblasting* biasa diaplikasikan ke benda-benda berbahan metal/besi yang tidak beresiko terbakar, seperti tiang-tiang pancang, bodi dan rangka mobil, bodi kapal laut, dan lain-lain

2) *Wet Sandblasting*

*Wet Sandblasting* biasanya diaplikasikan ke benda-benda berbahan metal/besi yang beresiko terbakar atau terletak di daerah yang beresiko terjadi kebakaran, seperti tangki bahan bakar, kilang minyak (offshore), ataupun pom bensin, dimana pasir silika yang digunakan dicampur dengan bahan kimia khusus anti karat yang berguna untuk meminimalisir percikan api saat proses *sandblasting* terjadi (Wicaksono. 2012).

**b) Bagian-bagian Mesin *Sandblasting***

Berikut adalah bagian-bagian dari mesin *sandblasting* :

1) Kompresor

Kompresor angin berfungsi mengambil udara atau gas dari sekitar yang kemudian akan diberi tekanan di dalam tabung, lalu disalurkan kembali sebagai udara bertekanan.



Gambar 2.2 Mesin Komresor  
(Sumber: Nuzulul Rahmat. 2015)

### 2) *Water separator*

*Water separator* adalah komponen yang berfungsi untuk memisahkan air dengan udara sebelum masuk ke *pressure pot*.



Gambar 2.3 *Water Separator*  
(Sumber: Dokumentasi)

### 3) *Valve*

*Valve* atau yang biasa disebut katup adalah sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan atau mengontrol aliran dari suatu cairan (gas, cairan, padatan terfluidisasi) dengan membuka, menutup, atau menutup sebagian dari jalan alirannya.

### 4) *Pressure Pot*

Fungsi dari *pressure pot* yang menjadi tempat untuk menampung angin bertekanan dan partikel abrasive (pasir pantai) dalam sebuah wadah, lalu mengalirkannya lagi ke selang nozzle.



Gambar 2.4 *Blast Pot*  
(Sumber: Dokumentasi)

#### 5) Selang Kompresor

Merupakan benda berbentuk lubang silinder dengan lubang di tengahnya sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida berbentuk cair, gas maupun udara.



Gambar 2.5 Selang Kompresor  
(Sumber: Dicky Erlando. 2015)

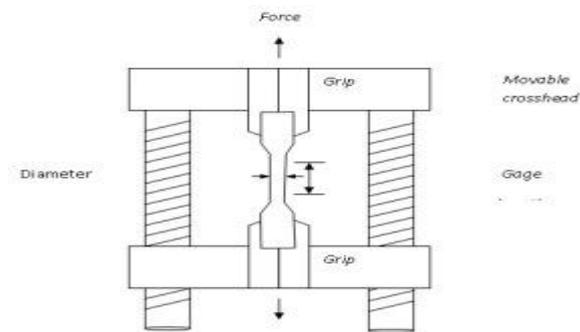
#### 6) *Nozzle*

*Nozzle* menyembrotkan udara bertekanan dan partikel pasir dari pressure pot ke spesimen dengan tekanan tertentu secara merata.

### 2.2.2 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu [Askeland, 1985]. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan

material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.



Gambar 2.6 Mesin Uji Tarik  
(Sumber: Ahmadi Rafe'i, 2011)

Seperti pada gambar 1 benda yang di uji tarik diberi pembebanan pada kedua arah sumbunya. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya.

Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Dimana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan *uniaxial* sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana, murah dan sangat terstandarisasi dibanding pengujian lain. Hal-hal yang perlu diperhatikan agar pengujian menghasilkan nilai yang valid adalah; bentuk dan dimensi spesimen uji, pemilihan grips dan lain-lain.

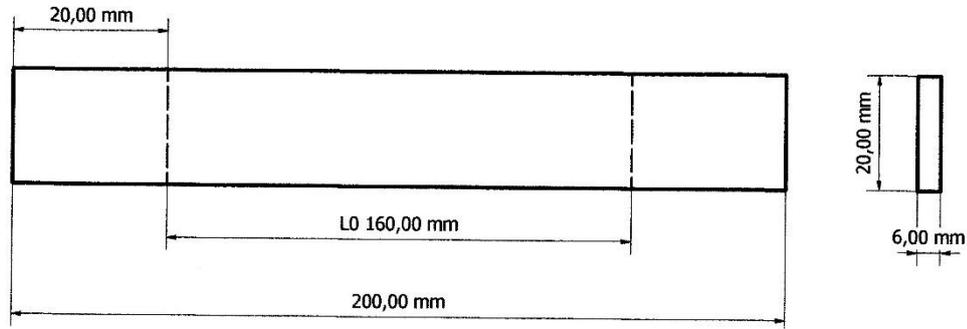
1. Bentuk dan Dimensi Spesimen uji

Spesimen uji harus memenuhi standar dan spesifikasi dari JIS Z2201. Bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah grip atau yang lainnya. Jadi standarisasi dari bentuk spesimen uji dimaksudkan agar retak dan patahan terjadi di daerah gage length.

2. *Grip and Face Selection*

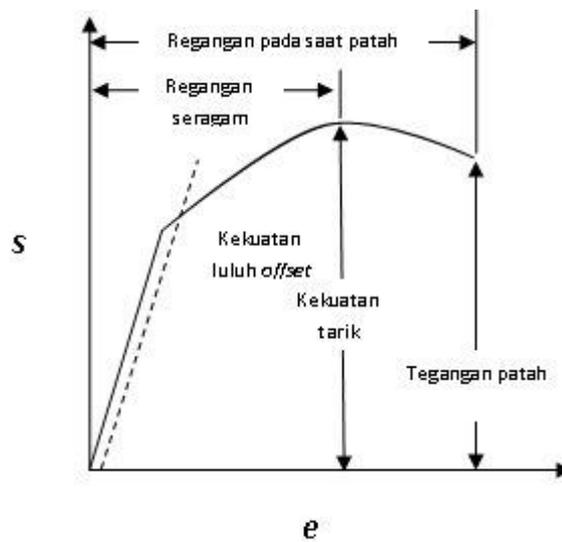
*Face* dan *grip* adalah faktor penting. Dengan pemilihan *setting* yang tidak tepat, spesimen uji akan terjadi slip atau bahkan pecah dalam daerah *grip* (*jaw break*). Ini akan menghasilkan hasil yang tidak valid. *Face* harus selalu tertutupi di seluruh permukaan yang kontak dengan *grip*. Agar spesimen uji tidak bergesekan langsung dengan *face*.

P8Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan estándar baku pengujian.



Gambar 2.7 Dimensi Dan Ukuran Spesimen Untuk Uji Tarik Standar JIS Z2201 (Sumber: Dokumentasi)

Kurva tegangan-regangan teknik dibuat dari hasil pengujian yang didapatkan.



Gambar 2.8 Contoh Kurva Uji Tarik (Sumber: Ahmadi Rafe'i. 2011)

Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan teknik tersebut diperoleh dengan cara membagi beban yang diberikan dibagi dengan luas awal penampang benda uji. Dituliskan seperti dalam persamaan berikut:

$$s = P/A_0$$

Keterangan ;  $s$  : besarnya tegangan ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

$P$  : beban yang diberikan (kg)

$A_0$  : Luas penampang awal benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan teknik adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan yang dihasilkan setelah pengujian dilakukan dengan panjang awal. Dituliskan seperti dalam persamaan berikut.

$$e = \frac{L - L_0}{L_0}$$

Keterangan ;  $e$  : Besar regangan

$L$  : Panjang benda uji setelah pengujian (mm)

$L_0$  : Panjang awal benda uji (mm)

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastik, laju regangan, temperatur dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen perpanjangan dan pengurangan luas. Dan parameter pertama adalah parameter kekuatan, sedangkan dua yang terakhir menyatakan keuletan bahan.

Bentuk kurva tegangan-regangan pada daerah elastis tegangan berbanding lurus terhadap regangan. Deformasi tidak berubah pada pembebanan, daerah remangan yang tidak menimbulkan deformasi apabila beban dihilangkan disebut daerah elastis. Apabila beban melampaui nilai yang berkaitan dengan kekuatan luluh, benda mengalami deformasi plastis bruto. Deformasi pada daerah ini bersifat permanen, meskipun bebannya dihilangkan. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi plastis akan bertambah besar dengan bertambahnya regangan plastik.

Pada tegangan dan regangan yang dihasilkan, dapat diketahui nilai modulus elastisitas. Persamaannya dituliskan dalam persamaan

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

Keterangan ;  $E$  : Besar modulus elastisitas ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ),

$e$  : regangan

$\sigma$  : Tegangan ( $\text{kg/mm}^2$ )

Pada mulanya pengerasan regang lebih besar dari yang dibutuhkan untuk mengimbangi penurunan luas penampang lintang benda uji dan tegangan teknik (sebanding dengan beban  $F$ ) yang bertambah terus, dengan bertambahnya regangan. Akhirnya dicapai suatu titik di mana pengurangan luas penampang lintang lebih besar dibandingkan pertambahan deformasi beban yang diakibatkan oleh pengerasan regang. Keadaan ini untuk pertama kalinya dicapai pada suatu titik dalam benda uji yang sedikit lebih lemah dibandingkan dengan keadaan tanpa beban. Seluruh deformasi plastis berikutnya terpusat pada daerah tersebut dan benda uji mulai mengalami penyempitan secara lokal. Karena penurunan luas penampang lintang lebih cepat daripada pertambahan deformasi akibat pengerasan regang, beban sebenarnya yang diperlukan untuk mengubah bentuk benda uji akan berkurang dan demikian juga tegangan teknik pada persamaan (1) akan berkurang hingga terjadi patah. ( Ahmadi Rafe'i. 2011 )

### **2.2.3 Kekasaran Permukaan**

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari penggunaan alat tersebut. Pada nilai kekasaran permukaan terdapat beberapa kriteria nilai kualitas (N) yang berbeda, dimana Nilai kualitas kekasaran permukaan tersebut telah diklasifikasikan oleh ISO. Nilai kualitas kekasaran permukaan terkecil dimulai dari N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ )  $0,025 \mu\text{m}$  dan nilai yang paling tinggi adalah N12 dengan nilai kekasarannya  $50 \mu\text{m}$ . Kekasaran permukaan sebuah produk tidak harus memiliki nilai yang kecil atau halus, tetapi terkadang sebuah produk memerlukan nilai kekasaran permukaan yang besar sesuai dengan fungsinya.

#### **a) Menentukan Kekasaran**

Untuk menentukan kekasaran permukaan benda kerja umumnya dapat ditentukan dengan dua cara yaitu:

- a. Menggunakan pembandingan.
- b. Melakukan pengujian dengan alat uji kekasaran.

Cara pertama menggunakan pembandingan, maksudnya menentukan kekasaran permukaan benda dengan cara membandingkan permukaan yang belum diketahui kekasarannya dengan kekasaran permukaan yang telah diketahui kekasarannya. Pembandingan ini telah dibentuk sedemikian rupa dan telah diuji kekasarannya, yang pada umumnya tingkat kekasaran permukaan dimulai dari N1 sampai dengan N12. Menentukan kekasaran permukaan dengan cara ini hasil yang didapat lebih cepat, tetapi keakurasiannya tergantung operatornya.

Cara kedua menentukan dengan cara menggunakan alat uji kekasaran. Prinsip kerjanya yaitu menggunakan jarum pembaca (*stylus*). Pada saat bergerak dipermukaan benda kerja yang diuji, jarum pembaca tersebut bergerak naik turun sesuai dengan alur kontur permukaan benda uji. Gerak naik turunnya jarum ini kemudian diubah dalam bentuk tegangan dan tegangan ini diperkuat oleh alat uji dan diproses hingga menjadi angka-angka yang menunjukkan parameter kekasaran. Angka kekasaran permukaan ini ditampilkan dilayar alat uji.

Menentukan kekasaran dengan cara ini umumnya lebih memakan waktu, tetapi pengukuran menggunakan cara ini dapat dipertanggungjawabkan dibandingkan dengan cara pertama.

### b) Kesetaraan Nilai Kekasaran terhadap Tingkat Kekasaran

Nilai kekasaran dapat disetarakan terhadap tingkat kekasaran dengan menggunakan tabel berikut:

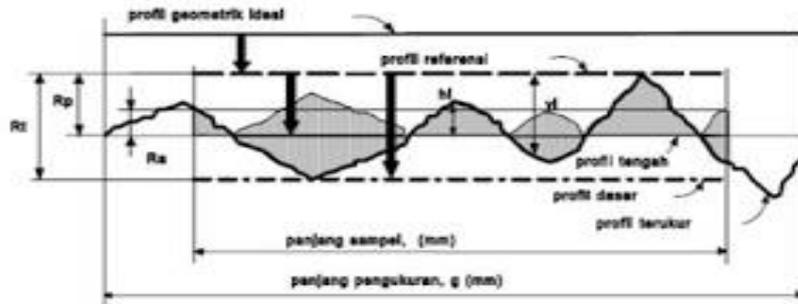
Tabel 2.1 Kesetaraan Nilai Kekasaran Terhadap Tingkat Kekasaran

Nilai Kekasaran	Tingkat Kekasaran												
	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
$\mu$ -m	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
$\mu$ -inc	0,5	1	2	4	8	16	32	63	125	250	500	1000	2000

### c) Parameter Kekasaran Permukaan

Untuk mengukur kekasaran permukaan, sensor (*stylus*) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak

yang telah ditentukan. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran (*traversing length*). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian permukaan yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel (Karmin, 2015).



Gambar 2.9 Bentuk Profil Kekasaran Permukaan  
(Sumber: Opi Sumardi.2017)

Dari gambar diatas, dapat didefinisikan beberapa parameter kekasaran permukaan, yaitu :

- Profil geometrik ideal Merupakan permukaan yang sempurna dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur.
- Profil terukur (measured profil) Profil terukur merupakan profil permukaan terukur.
- Profil referensi Merupakan profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidakteraturan konfigurasi permukaan.
- Profil akar / alas Yaitu profil referensi yang digeserkan ke bawah sehingga menyinggung titik terendah profil terukur.
- Profil tengah Profil tengah adalah profil yang digeserkan ke bawah sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagi daerah-daerah diatas profil tengah sampai profil terukur adalah sama dengan jumlah luas daerah-daerah di bawah profil tengah sampai ke profil terukur.

Berdasarkan profil-profil di gambar 2.9 di atas, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan arah melintang. Untuk dimensi arah tegak dikenal beberapa parameter, yaitu:

- a. Kekasaran total (*peak to valley height/total height*),  $R_t(\mu\text{m})$  adalah jarak antara dua garis sejajar yang menyinggung profil pada titik tertinggi dan terendah antara panjang bagian yang di uji (jarak antara profil referensi dengan profil atas).
- b. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness/peak to mean line*),  $R_p(\mu\text{m})$  adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur.
- c. Kekasaran rata-rata aritmetik (*mean roughness index/center line average, CLA*).
- d.  $R_a(\mu\text{m})$  adalah harga rata-rata aritmetik dibagi harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = R_p = \frac{1}{l} \int_0^1 h_i dx (\mu\text{m})$$

- e. Kekasaran rata-rata kuadrat (*root mean square height*),  $R_g(\mu\text{m})$  adalah akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_g = \sqrt{\int_0^1 \frac{1}{l} dx} (\mu\text{m})$$

- f. Kekasaran total rata-rata,  $R_z(\mu\text{m})$  merupakan jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

$$R_z = \sum \frac{(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)}{5}$$

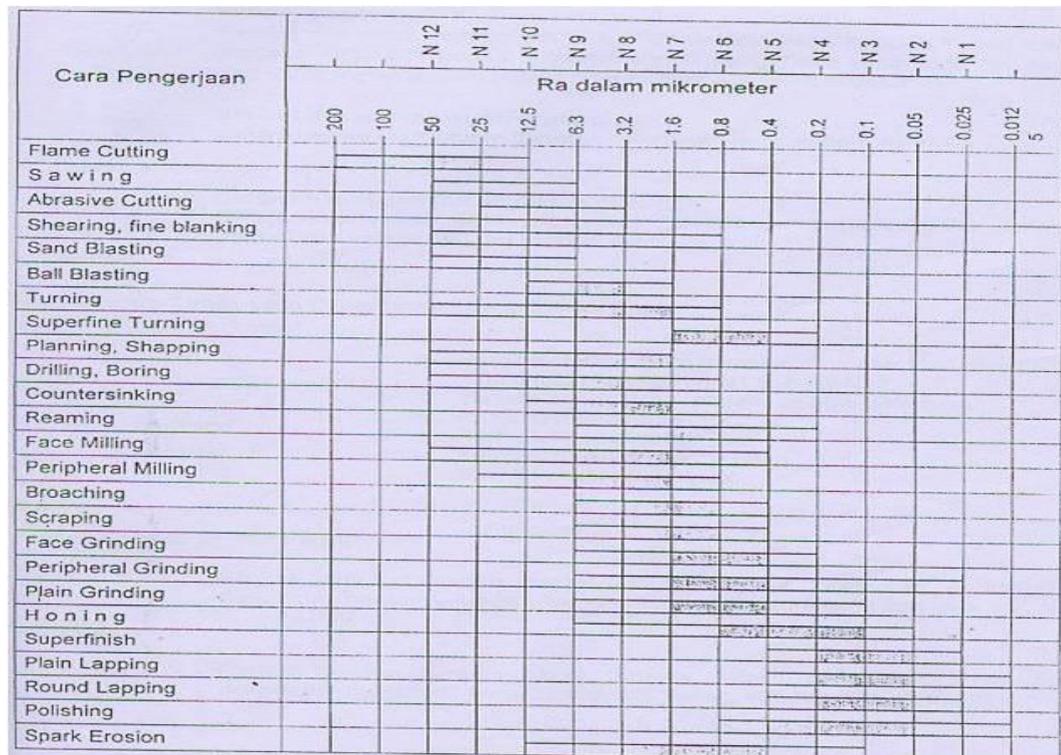
Parameter kekasaran yang biasa dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan benda adalah kekasaran rata-rata ( $R_a$ ). Harga  $R_a$  lebih sensitif terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. Toleransi harga  $R_a$ , seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros) harga kekasaran rata-rata aritmetis  $R_a$  juga mempunyai harga toleransi kekasaran.

Harga toleransi kekasaran  $R_a$  ditunjukkan pada tabel 2.2. Toleransi harga kekasaran rata-rata,  $R_a$  dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Hasil penyelesaian permukaan dengan menggunakan mesin gerinda sudah tentu lebih halus dari pada dengan menggunakan mesin

bubut. Tabel 2.3 berikut ini memberikan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Tabel 2.2 Toleransi nilai kekasaran rata-rata Ra permukaan (Saputro: 2014)

No	Kelas kekasaran	Harga C.L.A ( $\mu\text{m}$ )	Harga Ra ( $\mu\text{m}$ )	Toleransi N	+50%	Panjang sampel (mm)
					-25%	
1	N1	1	0.0025	0.02-0.04		0.08
2	N2	2	0.05	0.04-0.08		
3	N3	4	0.0	0.08-0.15		0.25
4	N4	8	0.2	0.15-0.3		
5	N5	16	0.4	0.3-0.6		
6	N6	32	0.8	0.6-1.2		
7	N7	63	1.6	1.2-2.4		
8	N8	125	3.2	2.4-4.8		0.8
9	N9	250	6.3	4.8-9.6		
10	N10	500	12.5	9.6-18.75		2.5
11	N11	1000	25.0	18.75-37.5		
12	N12	2000	50.0	37.5-75.0		8



Gambar 2.10 Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut proses pengerjaannya

(Sumber: Bayuwiro.2017)

#### d) Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Alat ukur kekasaran permukaan yang digunakan adalah *sureface roughness tester type TR200*, alat ini dapat digunakan untuk mengamati ataupun mengukur kekasaran permukaan dengan standar ISO. Beberapa data yang dapat di tunjukkanm oleh alat uji kekasaran permukaan ini adalah nilai parameter-parameter dari kekasaran permukaan dan grafik kekasaran permukaannya. Alat ukur kekasaran permukaan dapat dilihat pada Gambar 2.11.

Cara kerja dari alat ukur kekasaran permukaan ini adalah dengan meletakkan sensor yang dipasangkan pada alat tersebut, selanjutnya sejajarkan alat ukur permukaan tersebut dengan bidang material yang akan di uji. Pada saat pengerjaanya, alat ukur ini tidak boleh bergerak karena akan mengganggu sensor dalam membaca kekasaran dari permukaan material tersebut.



Gambar 2.11 *Sureface Roughness Tester Type TR200*  
( Sumber: Dokumentasi )

#### e) Mengubah Kondisi Pengukuran

Pada “surface rougness test TR 200” ini , dapat diperoleh parameter kekasaran masing-masing dengan standar JIS, DIN, ISO, dan ANSI. Untuk menampilkan parameter-prameter dan standar yang diinginkan , alat harus diubah kondisinya sesuai keinginan saat pengukuran.

DIN= Deutsche institute Fuer Normung

AISI= American Iron dan steel Institute

JIS = japan industrial Standart

1. Prosedur Pengaturan Cotoff ( Sampling length):
  - Tekan tombol “Menu”

- Tekan tombol : “Inter” berulang hingga muncul pilihan (0,25 ; 0,8 ; 2,5 auto) setelah dipilih tekan tombol “Esc”
2. Prosedur Pengaturan Evaluation Length:
- Tekan tombol “Menu”
  - Tekan tombol : “Scrol” dan pilih **n\* cutoff**
  - Untuk memilih number of sampling legth, tekan tombol “**inter**” berulang. Muncul pilih (1;2;3;4;5) . setelah dipilih tekan tombol “**Esc**”
3. Pengaturan standar Pengujian
- Prosedur Pengaturan:
- Tekan tombol “Menu” , pilih “ Cutoff / STD / FILT”
  - Tekan tombol : “Inter” pilih “Standar”dengan menekan tombol “Scrol”
  - Tekan tombol : “Inter” berulang hingga muncul Standar pilihan (JIS, DIN, ISO, dan ANSI) setelah dipilih tekan tombol “Esc”
4. Prosedur Pengaturan **Range** :
- Tekan tombol “Menu” , pilih “ **Cutoff / STD / FILT**”
  - Tekan tombol : “Inter” pilih “**Range**”dengan menekan tombol “**Scrol**”
  - Tekan tombol : “Inter” berulang hingga muncul Standar pilihan (20, 40, 80, dan auto) setelah dipilih tekan tombol “**Esc**”
5. Prosedur Pengaturan **Filter**:
- Tekan tombol “**Menu**” , pilih “ Cutoff / STD / FILT”
  - Tekan tombol : “**Inter**” pilih “Filter”dengan menekan tombol “Scrol”
  - Tekan tombol : “**Inter**” berulang hingga muncul Standar pilihan (**RC, PC-RC Gauss, dan D-P**) setelah dipilih tekan tombol “**Esc**”
6. Prosedur Pengaturan **Parameter**:
- Tekan tombol “**Menu**” , pilih “ Cutoff / STD / FILT”
  - Tekan tombol : “**Inter**” pilih “Display R”dengan menekan tombol “Scrol”
  - Tekan tombol : “**Inter**” berulang hingga muncul Standar pilihan (**R<sub>a</sub>, R<sub>q</sub>, R<sub>z</sub>, R<sub>t</sub>, dst**) setelah dipilih tekan tombol “Esc”
7. Prosedur Pengaturan **Language**:

- Tekan tombol “**Menu**” , pilih “LANGE/ UNIT / LCD” dengan menekan tombol “Scrol”
- Tekan tombol : “**Inter**” pilih “**Language**” selanjutnya pilih sesuai keinginan ( English , Nederlands , Deutsch , Francais, Italiano , Espanol) dengan menekan tombol “Scrol”. setelah dipilih tekan tombol “**Esc**”

#### 8. Prosedur Pengaturan **Unit**:

- Tekan tombol “**Menu**” , pilih “LANGE/ UNIT / LCD” dengan menekan tombol “Scrol”
- Tekan tombol : “**Inter**” pilih “**unit**” dengan menekan tombol “Scrol”, tekan “**Inter**” hingga pilihan yang diinginkan (**Metric atau Imperial**) tekan tombol “**Esc**”

#### 9. Prosedur Pengaturan **Alat**:

- Tekan tombol “**Menu**” , pilih “Print / Prof / Cal” dengan menekan tombol “Scrol” kemudian tekan tombol “**Inter**” pilih “**Calibration**” dengan menekan tombol “**Scrol**”
- Tekan tombol : “**Inter**” selanjutnya dengan menekan tombol “Scrol”. Untuk mengubah koefisien kalibrasi . setelah dipilih tekan tombol “**Esc**”

## 2.3 Mengolah Data Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan data hasil pengujian lakukan seleksi/ pemilihan data tersebut menggunakan “Uji Dixon” dengan langkah langkah sebagai berikut :

- Urutkan data dari yang terkecil hingga data terbesar.
- Notasikan data terkecil sebagai  $X_1$  hingga data terbesar (data ke n) sebagai  $X_n$ .
- Lakukan evaluasi data yang terkecil dan yang menggunakan rumus  $D_{hitung}$  yang sesuai (lihat tabel  $D_{hitung}$ ).
- Bandingkan terhadap nilai  $D_{hitung}$  dengan  $D_{tabel}$ . Data merupakan pencilan (outlier) jika  $D_{hitung} > D_{tabel}$  dan data tersebut dapat dibuang.
- Jika didapat data outlier , maka evaluasi dilanjutkan hingga tidak didapat lagi data outlier.

Tabel 2.3 Rumus  $D_{hitung}$  ( Untuk Uji Dixon) (Sumber : Abu Wildan. 2016)

Rumus  $D_{hitung}$

Data Terendah	Data Tertinggi
$D_{3-7} = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}$	$D_{3-7} = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1}$
$D_{8-12} = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1}$	$D_{8-12} = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_2}$
$D_{13-40} = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-2} - X_1}$	$D_{13-40} = \frac{X_n - X_{n-2}}{X_n - X_3}$

Data merupakan pencilan (outlier) dan data tersebut dapat dibuang jika  $D_{hitung} > D_{tabel}$ .  $D_{hitung}$  diperoleh berdasarkan jumlah data (n) pada table nilai keritis uji dengan tingkat kepercayaan =95%

Tabel 2.4 Nilai Kritis Untuk Uji Dixon Pada Tingkat Kepercayaan 95%

n	$D_{tabel}$	n	$D_{tabel}$	n	$D_{tabel}$	n	$D_{tabel}$
3	0.970	13	0.611	23	0.459	33	0.397
4	0.829	14	0.589	24	0.451	34	0.393
5	0.710	15	0.565	25	0.443	35	0.388
6	0.628	16	0.546	26	0.436	36	0.384
7	0.569	17	0.529	27	0.426	37	0.381
8	0.608	18	0.514	28	0.423	38	0.377
9	0.564	19	0.501	29	0.417	39	0.374
10	0.530	20	0.489	30	0.412	40	0.371
11	0.502	21	0.478	31	0.407		
12	0.479	22	0.468	32	0.402		

Kesimpulan, setelah dikakukan validasi berdasarkan Uji Dixon data pengujian, menjadi seperti tabel berikut:

Tabel 2.5 Mengolah Data Uji Dixon

Code data	Lokasi Pengujian	R <sub>a</sub> (μm)
X <sub>1</sub>	A	
X <sub>2</sub>	B	
X <sub>3</sub>	C	
X <sub>4</sub>	D	
X <sub>5</sub>	E	
X <sub>6</sub>	F	
X <sub>7</sub>	G	

n = 7

Lanjutkan dengan Menghitung:

- Rata-rata
- Median
- **Nilai Kekasaran Rata-Rata Ra**

$$R_a = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \text{ ( } \mu\text{m )}$$

- **Median**

$$R_a = \frac{X_1 + X_n}{2} \text{ ( } \mu\text{m )}$$

- **Jarak**

Interval jarak data =  $X_n - X_1$  (μm). (Karmin. 2015)

## 2.4 Analisis Regresi dan Korelasi

### 2.4.1 Defenisi

a. Analisis Korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya atau derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat atau tinggi derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih. Ukuran untuk derajat hubungan garis lurus ini dinamakan koefisien korelasi.

b. Analisis Regresi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kemungkinan bentuk hubungan / pengaruh antara dua atau lebih variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y). Tujuan pokok penentuan metode ini adalah untuk meramalkan atau memperkirakan nilai dari satu variabel (Y) dalam hubungannya dengan variabel yang lain (X).

## 2.4.2 Analisis Regresi Berganda

### a) Analisis Regresi Berganda

Regresi berganda adalah bentuk hubungan atau pengaruh dari dua atau lebih variabel bebas X dengan variabel terikat Y. persamaan regresi linier berganda dari Y terhadap X adalah :

1. Model populasi berganda adalah

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i$$

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah parameter yang nilainya tidak diketahui, sehingga diduga menggunakan statistik sampel. Nilai a,  $b_1$ , dan  $b_2$  akan diperoleh dari tiga persamaan normal berikut :

$$\sum Y = an + b \sum X_1 + b \sum X_2$$

$$\sum X_1 Y = a \sum X_1 + b_1 \sum X_2^2 + b_2 \sum X_1 X_2$$

$$\sum X_2 Y = a \sum X_1 + b_2 \sum X_1^2 + b_1 \sum X_1 X_2$$

Koefisien a,  $b_1$  dan  $b_2$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2$$

$$b_1 = \frac{(\sum X_2^2)(\sum X_1 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_2 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2}$$

$$b_2 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2}$$

Nilai dari  $a$ ,  $b_1$  dan  $b_2$  dari tiga persamaan normal di atas dapat juga dihitung dengan metode matriks. Persamaan normal di atas adalah bentuk sistem persamaan

linier (SPL) yang dapat diselesaikan dengan metode determinan, yaitu menggunakan aturan Cramer.

Jika  $AX = b$  merupakan suatu persamaan linier dalam  $k$  peubah, maka sistem persamaan tersebut mempunyai penyelesaian dengan metode determinan sebagai berikut :

$$a = \frac{|A_1|}{|A|} \quad b_1 = \frac{|A_1|}{|A|} \quad \dots \dots \dots \quad b_k = \frac{|A_1|}{|A|}$$

Dengan  $A_j$  ( $j=1,2,\dots,k$ ) adalah matriks yang diperoleh dengan menggantikan anggota – anggota pada kolom ke –  $j$  dari matriks  $A$  dengan anggota pada matriks  $b$ .

#### **b) Uji Regresi Linier Berganda**

Untuk mengetahui atau menguji kepastian dari persamaan regresi berganda tersebut apakah  $X_1$  dan  $X_2$

##### **a. Hipotesis yang diuji**

Berpengaruh secara simultan dan signifikan terhadap  $Y$  dilakukan dengan uji  $F$ .

$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = 0$ , berarti  $X_1$  dan  $X_2$  tidak berpengaruh simultan dan signifikan terhadap  $Y$

$H_0 = \beta_1 = \beta_2 \neq 0$ , berarti  $X_1$  dan  $X_2$  tidak berpengaruh simultan dan signifikan terhadap  $Y$

##### **b. Uji Signifikan Parameter Individual (Uji Statistik t)**

Uji statistik  $t$  pada dasarnya menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel penjelas/independen secara individual dalam menerangkan variasi variabel dependen. Hipotesis nol ( $H_0$ ) yang hendak diuji adalah apakah suatu parameter ( $b_i$ ) sama dengan nol, atau  $H_0: b_i = 0$

Artinya apakah suatu variabel independen bukan merupakan penjelas yang signifikan terhadap variabel dependen. Hipotesis alternatifnya (HA) parameter suatu variabel tidak sama dengan nol, atau HA:  $b_i \neq 0$

Artinya, variabel tersebut merupakan penjelas yang signifikan terhadap variabel dependen.

Untuk menguji signifikansi pengaruh variabel x terhadap y digunakan uji t dengan rumus sebagai berikut :

- Rumus t hitung :

$$t = r_{X_1X_2Y} \frac{n - 2}{\sqrt{1 - r_{X_1X_2Y}^2}}$$

dimana : t = t hitung uji signifikansi

r = koefisien korelasi

k = jumlah variabel independen

n = jumlah sampel

Dengan kriteria pengujian sebagai berikut :

Ho diterima apabila  $t_{test} \geq t_{tabel}$

Ho ditolak apabila  $t_{test} \leq t_{tabel}$ .

### 2.4.3 Analisis Korelasi Berganda

Sedangkan arti harga r akan dikonsultasikan dengan tabel sebagai berikut :

Table 2.6 Tingkat Hubungan Nilai r

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,800 - 1,000	Sangat Kuat
0,600 - 0,799	Kuat

0,400 - 0,599	Cukup Kuat
0,200 - 0,399	Rendah
0,000 - 0,199	Sangat Rendah

Besar kecilnya sumbangan nilai variable X terhadap Y dapat ditentukan dengan rumus koefisien determinasi sebagai berikut :

$$R^2 = r^2 \times 100\%$$

di mana :  $R^2$  = nilai koefisien determinasi

r = nilai koefisien korelasi

Pengujian signifikansi berfungsi apabila penelitian ingin mencari makna dari hubungan variabel X terhadap Y, maka hasil korelasi tersebut diuji signifikansi sebagai berikut :

**Hipotesis :**

$H_0$ = Variable X berhubungan secara signifikan dengan variable Y

$H_1$ = Variabel X tidak berhubungan secara signifikan dengan variable Y

**Dasar Pengambilan Keputusan :**

1. Jika nilai probabilitas 0,05 lebih kecil atau sama dengan nilai probabilitas sig atau ( $0,05 \leq sig$ ), maka diterima  $H_0$  dan  $H_1$  ditolak, artinya tidak signifikan.
2. Jika nilai probabilitas 0,05 lebih besar atau sama dengan nilai probabilitas sig atau ( $0,05 \geq sig$ ), maka ditolak  $H_0$  dan  $H_1$  diterima, artinya signifikan.

**a) Analisis Korelasi Berganda**

Analisis korelasi berganda berfungsi untuk mencari besarnya hubungan antara dua variable bebas (X) atau lebih secara simultan dengan variable terikat (Y).

Rumus korelasi berganda yaitu :

$$R_{X_1X_2Y} = \sqrt{\frac{r_{X_1Y}^2 + r_{X_2Y}^2 - 2(r_{X_1Y})(r_{X_2Y})(r_{X_1X_2})}{1 - r_{X_1X_2}^2}}$$

Selanjutnya untuk mengetahui signifikan korelasi ganda dibandingkan antara nilai probabilitas 0,05 dengan nilai probabilitas sig sebagai berikut :

**Hipotesis :**

- H<sub>0</sub>: Variable X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> berhubungan secara simultan dan signifikan terhadap variabel Y.
- H<sub>1</sub>: Variabel X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> tidak berhubungan secara simultan dan signifikan terhadap variabel Y.

**Dasar Pengambilan Keputusan :**

1. Jika nilai probabilitas 0,05 *lebih kecil atau sama dengan* nilai probabilitas sig atau ( $0,05 \leq sig$ ), maka diterima H<sub>0</sub> dan H<sub>1</sub> ditolak, artinya tidak signifikan.
2. Jika nilai probabilitas 0,05 *lebih besar tau sama dengan* nilai probabilitas sig atau ( $0,05 \geq sig$ ), maka ditolak H<sub>0</sub> dan H<sub>1</sub> diterima, artinya signifikan.  
( Riduwan dan Sunarto. 2009 ).