

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA TEORI

2.1 Penelitian Sebelumnya

Putu & Erwin (2011), pada penelitiannya yang berjudul “Optimasi Proses *Sand Blasting* Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja Aisi 430”. Pada penelitiannya menggunakan material baja AISI 430 dengan ukuran dimensi 65 x 65 x 1mm, sebagai spesimennya. Menggunakan variasi tekanan 4 sampai 5,5 bar dan variasi sudut penyemprotan sebesar 60°, 75° dan 90°, dengan mesh pasir silika 250 serta proses *sand blasting* 10 menit untuk masing masing spesimen. Dari penelitian tersebut mendapatkan kesimpulan bahwa “Tekanan dan sudut penyemprotan proses *sandblasting* memiliki pengaruh yang nyata terhadap laju korosi hasil pengecatan pada baja AISI 430, yang mana semakin besar tekanan dan sudut penyemprotan yang digunakan maka laju korosinya menurun. Nilai laju korosi terendah rata-rata sebesar 0.0000186 mpy terjadi pada penggunaan tekanan 5,5 bar dengan sudut penyemprotan 90°, sedangkan laju korosi rata-rata tertinggi terjadi pada penggunaan tekanan penyemprotan 4 bar dengan sudut penyemprotan 60° yaitu sebesar 0.000832 mpy.”

Joko Hadi 2011 mengatakan dalam penelitiannya yang berjudul *Kebutuhan Penggunaan Bahan Cat Besi, Tinjauan Secara Teoritis*. Menyatakan bahwa kebutuhan bahan cat merupakan perkalian dari nilai penyebaran secara teoritis (*Theoretical spreading rate*), kekasaran permukaan (*Surface roughness*), dan factor pemakaian cat itu sendiri (*paint usage factor*). Kualitas bahan cat dasar pada material besi juga bervariasi, disamping itu factor-faktor yang lain dalam pelaksanaan pengecatan juga tergantung pada operator, kondisi alas pengecatan. Dalam pelaksanaan atau praktisnya hal ini dapat dilakukan pengkajian berdasar pada berat cat atau volume cat dalam liter dengan kondisi kekentalan yang sama agar kemudahan pengerjaan terpenuhi. Secara perhitungan kebutuhan bahan cat merupakan perkalian dari nilai penyebaran dengan faktor kekasaran permukaan dan faktor pemakaian cat. Matematisnya $DFT = (WFT \times 100) / vs... (micron)$.

Wulandari 2015 dalam penelitiannya berjudul *Pengaruh Tingkat Cleanliness Dan Roughness Substrat Pada Surface Preparation Terhadap Kekuatan Adhesi Tank Lining*, dengan beberapa parameter antar lain : specimen uji berupa pelat yang diblasting dengan tingkat penerapan *cleanliness* yang berbeda yaitu sesuai dengan standart Sa 2, Sa 2,5, dan

Sa 3 yang selanjutnya diuji dengan perlakuan yang sama. Setelah dilakukannya pengujian *pull-off test*, maka didapatkan hasil mengenai tingkat penerapan metode *cleanliness* Sa 2 dengan nilai kekasaran sebesar 65,60 μm didapatkan nilai kekuatan adhesi sebesar 8,10 MPa, Sa 2,5 dengan nilai kekasaran 70,00 μm didapatkan nilai kekuatan adhesi sebesar 10,60 MPa, sedangkan Sa 3 dengan nilai kekasaran 78,60 μm didapatkan nilai kekuatan adhesi 10,90 MPa

Zainal Basri 2016 dalam skripsinya yang berjudul Pengaruh Variasi Tekanan Dan Jarak Penembakan Terhadap Kekasaran permukaan Pada Proses *Sandblasting* Baja Karbon Rendah. Pada penelitiannya dengan menggunakan baja karbon rendah (Baja SPHC), Parameter yang digunakan dalam proses *sandblasting* pada penelitian ini yaitu tekanan dengan variasi 4 bar, 5 bar dan 6 bar dan jarak antara *nozzle* dengan spesimen dengan variasi 50 mm, 100 mm dan 150 mm. Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa nilai kekasaran tertinggi dihasilkan dari proses *sandblasting* dengan tekanan sebesar 6 bar dan jarak 50 mm yaitu sebesar 1,95 μm , sedangkan yang terkecil yaitu pada tekanan 4 bar dan jarak 150 mm yaitu sebesar 1,08 μm .

2.2 Surface Preparation

Surface preparation adalah suatu kegiatan yang harus dilakukan sebelum aplikasi *coating*. Kegiatan ini memiliki tujuan utama yaitu memastikan kondisi yang baik pada permukaan material dan juga mengeluarkan atau membersihkan permukaan benda kerja dari material yang bersifat pengotor, yakni : debu, oli, gemuk, terak pengelasan dan lain sebagainya.

Menurut *The Sherwin – Williams Company Industrial & Marine Coatings*, menyatakan dalam "*Surface Preparation Guide*". Keberhasilan pengecatan 80% ditentukan dengan persiapan pembersihan permukaan yang telah dilakukan, kegagalan pelapisan dapat langsung dikaitkan dengan persiapan permukaan yang tidak memadai yang akan mempengaruhi adhesi lapisan. Seleksi dan pelaksanaan persiapan permukaan yang tepat memastikan adhesi lapisan melekat pada substrat akan mampu memperpanjang umur dari sistem pelapisan. Mayoritas permukaan beton, logam besi, dan aluminium, membutuhkan perlindungan untuk memproteksi material tersebut dari laju korosi di lingkungan yang agresif. Persiapan pengecatan tersebut yakni memilih dan melakukan metode yang sesuai dengan mempertimbangkan kondisi bahan, lingkungan maupun alat dan bahan yang digunakan.

Surface preparation treatment mempunyai beberapa standar tersendiri yang dapat dipedomani, antara lain :

- *International Standards* ISO 8501-1 : 2007 (E) dan ISO 8501-2-2 : 1994. Mengenai persiapan substrat baja sebelum aplikasi cat dan produk-produk terkait dan penilaian kebersihan permukaan secara visual.
- *Internasional Standard* ISO 8504 : 2000 (E). Mengenai persiapan substrat permukaan sebelum pengaplikasian cat, metode *surface preparation* dan produk terkait.
- Dan lain sebagainya.

Beberapa kegiatan proses persiapan permukaan (*surface preparation*) yang umum dikenal dalam dunia industry ada 2 macam yaitu *chemical cleaning processes* dan *mechanical cleaning and surface treatment* :

A. *Chemical Cleaning Processes* yaitu antara lain :

1. *Alkaline cleaning*, adalah suatu metode pembersihan, dengan menggunakan alkali (zat basa yang larut dalam air) untuk membersihkan permukaan suatu material dari berbagai macam zat kontaminan seperti minyak, lemak, lilin, dan berbagai jenis partikel (chip logam, silika, dan karbon) dari permukaan logam.
2. *Electrolytic cleaning*, disebut juga elektro cleaning, adalah proses di mana 3V sampai 12V arus searah diterapkan ke larutan pembersih alkali. Hasil reaksi elektrolit membentuk gelembung gas pada permukaan, menyebabkan tindakan *scrubbing* yang membantu dalam penghapusan lapisan film permukaan.
3. *Emulsion cleaning* adalah metode pembersihan menggunakan pelarut organik. Pembersih emulsi (*emulsion cleaners*), bahan ini biasa membersihkan minyak dan gemuk dari permukaan baja. Akan tetapi metode pembersih ini biasanya masih meninggalkan lapisan tipis pada permukaan baja. Oleh karena itu perlu dibersihkan menggunakan air panas atau deterjen.
4. *Solvent cleaning* adalah metode untuk menghilangkan minyak yang terlihat, gemuk, tanah, dan pengotor lainnya. Beberapa jenis larutan pembersih yang dapat digunakan,
5. Dengan deterjen (*detergent*) dapat menghilangkan minyak serta gemuk dari permukaan baja.
6. *Acid cleaning*, merupakan pembersihan permukaan dengan mencelupkan logam ke dalam larutan asam. Saat tercelup, logam akan bereaksi secara kimia dengan

larutan asam sehingga bersih dari oksida atau kontamina. Pada umumnya larutan asam yang digunakan yakni, *sulfuric*, *hydrochloric*, *muriatic*, *nitric*, *hidrofluric*, *phosphoric* atau campuran beberapa larutan asam.

B. *Mechanical Cleaning Processes* yaitu antara lain :

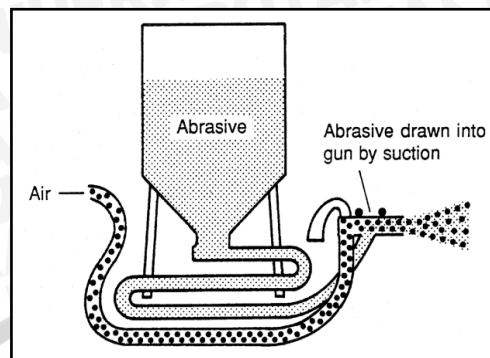
1. *Sandblasting*, menggunakan pasir grit atau silica sebagai media peledakan. Media tersebut didorong oleh udara bertekanan tinggi pada permukaan yang ditargetkan. Dalam beberapa aplikasi proses ini dilakukan dengan performa basah dimana partikel halus dalam lumpur ditembakkan oleh tekanan udara ke permukaan. (P.Groover, 2010).
2. *Shot peening* adalah proses pengerjaan dingin pada permukaan material dengan cara penyemprotan butiran baja pada permukaan material. Tujuan dari proses ini adalah untuk meningkatkan sifat fatik material.
3. *Water jetting* merupakan salah satu metode yang efektif digunakan pada kegiatan pembersihan permukaan dari berbagai jenis zat yang dapat mengkontaminasi yang tergabung dalam air, karat, sisa cat lama, gemuk dan oli. Namun pembersihan permukaan dengan menggunakan water jetting tidak menghasilkan profil yang baru pada permukaan, tetapi profil yang lama yang telah ada pada permukaan. Oleh karena itu proses ini digunakan apabila profil yang lama dianggap sudah memadai. (Moch Syaiful Anwar et al, 2009).

2.3 *Sandblasting*

2.3.1 *Pengertian Sandblasting*

Sandblasting merupakan kegiatan persiapan permukaan yang paling tepat sebelum melakukan pelapisan permukaan dengan cat (*coating*). Pada proses *sandblasting* bahan abrasif dilontarkan/disemburkan ke permukaan logam yang didorong oleh udara bertekanan dari kompresor, bertujuan untuk membentuk permukaan kasar dan menghilangkan karat, kotoran -kotoran seperti : debu,tanah oli maupun kerak besi serta baik juga untuk mengelupas sisa cat yang lama. Prinsip kerja dari serangkaian proses *sandblasting* adalah menggunakan udara bertekanan tinggi untuk menyemprotkan bahan abrasive ke permukaan material yang akan dipersiapkan untuk proses *coating*.

Berikut merupakan gambaran dari proses *sandblasting*.



Gambar 2.1 Prinsip kerja proses *sandblasting*
Sumber : Mr. Ron Myers (1997).

Pada gambar 2.1 merupakan skema sederhana cara kerja *sandblasting*, di mana pada gambar terdiri dari sebuah tangki material abrasif dan dua saluran, saluran pertama adalah saluran udara bertekanan dan saluran yang kedua adalah saluran material abrasif. Cara kerja *abrasive blaster* yakni mula-mula udara bertekanan mengalir melalui saluran udara kemudian melewati saluran material abrasif yang saling berpotongan langsung, dan pada ujung perpotongan kedua saluran tersebut menjadi satu saluran yang merupakan saluran *output* dari *abrasive blaster*. Dengan kondisi demikian terjadi proses vakum pada saluran material abrasif tersebut, sehingga material abrasif tersebut tersedot mengikuti aliran udara bertekanan menuju saluran *output* (*abrasive drawn into gun by suction*). Bercampurnya udara bertekanan dan material abrasif kemudian difokuskan arahnya melalui *gun nozzle* untuk digunakan pada proses *sandblasting*.

2.3.2 Jenis-jenis Proses *Sandblasting*

Ada pun jenis-jenis proses *sandblasting* dalam dunia industry adalah :

a. *Dry Sandblasting*

Dry Sandblasting adalah suatu proses *sandblasting* yang dilakukan dengan menggunakan bahan abrasif yang kering. Metode ini biasanya dipakai pada benda-benda berbahan metal/besi, seperti bodi dan rangka mobil, pemipaan, tiang bangunan, bodi kapal laut, dan lain-lain.

b. *Wet Sandblasting*

sandblasting adalah proses yang sama dengan *Sandblasting*, bedanya ditambahkan campuran air khusus yang sudah ditambahkan bahan anti karat, kedalam pasir agar tidak menimbulkan percikan api dan debu pasir yang dapat

mengganggu proses produksi. *Wetsandblasting* atau biasa disebut *wetblasting* biasa diaplikasikan untuk area khusus yang sangat sensitif terhadap percikan api dan atau debu, dan juga di ruang produksi yang tidak memungkinkan adanya penghentian proses produksi sesaat.

2.3.3 Parameter Yang Berpengaruh Pada Hasil *Sandblasting*.

Berdasarkan beberapa dari sumber penelitian sebelumnya mengenai pelaksanaan metode *sandblasting* menyebutkan mengenai beberapa parameter yang harus diperhatikan sebelum melakukan eksekusi *blasting* karena secara langsung dapat mempengaruhi hasil dari proses *sandblasting* yaitu sebagai berikut :

1. Ukuran butir abrasif yang akan dipakai (*mesh*)

Ukuran butir dari bahan abrasif akan mempengaruhi bentuk profil permukaan benda yang terbentuk. Ukuran butiran yang kecil maka bentuk profil permukaan yang dihasilkan akan cenderung lebih halus dibandingkan dengan butiran bahan abrasif yang lebih besar.

2. Tekanan udara dari kompresor

Tekanan udara yang mendorong bahan *abrasive* akan mempengaruhi kemampuan tumbuk dari *abrasive* terhadap benda atau logam. Yang mana semakin besar tekanan yang digunakan saat penumbukan, maka gaya tumbuk abrasifnya akan semakin besar begitu pula sebaliknya.

3. Jarak penyemprotan

Jarak penyemprotan adalah jarak antara permukaan benda kerja dengan ujung *nozzle* pada saat dilakukannya eksekusi proses *sandblasting*.

4. Waktu penyemprotan

Waktu/durasi penyemprotan akan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja selama proses eksekusi dilakukan. Hal ini berhubungan dengan tingkat penetrasi dari bahan abrasif itu sendiri. Rentang waktu yang digunakan pada proses *sandblasting* berdasarkan pada pengalaman operator selaku eksekutor di lapangan

5. Sudut penyemprotan

Sudut penyemprotan merupakan sudut yang terbentuk antara sumbu *nozzle* terhadap permukaan benda kerja. Sudut 90 adalah yang dinilai paling efisien dan maksimal karena daya dorong dari tiap butir bahan abrasif berubah menjadi energi tekan sehingga penetrasi dari material abrasif lebih baik. Sudut yang semakin kecil

akan menghasilkan penetrasi yang cenderung lebih kecil sehingga kekasaran yang terbentuk cenderung semakin kecil.

6. Jenis Nozzle yang dipakai.

Penggunaan jenis nozzle yang digunakan akan memberi pengaruh terhadap tingkat distribusi atau besarnya debit dari bahan abrasif yang dilontarkan oleh udara bertekanan selama proses sandblasting berlangsung.

2.4 Bahan Abrasif

2.4.1 Pengertian Bahan Abrasif

Abrasive material adalah bahan yang digunakan untuk membersihkan dan mengasarkn permukaan. Bahan ini dilontarkan dengan tekanan udara yang tinggi menggunakan kompresor. Jenis abrasif yang umum digunakan pada proses *sandblasting*, antara lain pasir silica *steel grit*, dan *garnet*. Berikut beberapa spesifikasi dari material abrasif.

Type of medium	Sizes normally available	Applications
Glass beads	8 to 10 sizes from 30- to 440-mesh; also many special gradations	Decorative blending; light deburring; peening; general cleaning; texturing; noncontaminating
Aluminum oxide	10 to 12 sizes from 24- to 325-mesh	Fast cutting; matte finishes; descaling and cleaning of coarse and sharp textures
Garnet	6 to 8 sizes (wide-band screening) from 16- to 325-mesh	Noncritical cleaning and cutting; texturing; noncontaminating for brazing steel and stainless steel
Crushed glass	5 sizes (wide-band screening) from 30- to 400-mesh	Fast cutting; low cost; short life; abrasive; noncontaminating
Steel shot	12 or more sizes (close gradation) from 8- to 200-mesh	General-purpose rough cleaning (foundry operation, etc.); peening
Steel grit	12 or more sizes (close gradation) from 10- to 325-mesh	Rough cleaning; coarse textures; foundry welding applications; some texturing
Cut plastic	3 sizes (fine, medium, coarse); definite-size particles	Deflashing of thermoset plastics; cleaning; light deburring
Crushed nutshells	6 sizes (wide-band screening)	Deflashing of plastics; cleaning; very light deburring; fragile parts

Gambar 2.2 Tabel spesifikasi material abrasif

Sumber : Mr. Ron Myers (1997).

Kekerasan *abrasive* memiliki peranan penting dalam menghasilkan kekasaran permukaan atau kedalaman profile permukaan. *Abrasive* yang terbuat dari mineral, ampas olahan industri dan sintetik, kekerasannya diukur dalam skala mohs, sedangkan untuk *abrasive* jenis metalik diukur melalui pegujian *Rockwell*, berdasarkan ukuran penekanan dan beban disusunlan berbagai skala kekerasan dinyatakan dalam bentuk huruf. Sedangkan

berdasarkan bentuk butirannya, material abrasif proses *sandblasting* yang umum digunakan yakni :

- KButiran bulat (*rounded shape*) antara lain, *steel shot*, *glass beads* dan *cast stainless steel shot*. Hasil permukaan yang menggunakan butiran bulat memiliki penetrasi yang cenderung dangkal dikarenakan luas bidang kontak tumbukan antara material abrasif terhadap permukaan benda kerja cenderung lebih besar.
- Butiran bersudut banyak (*angular shape*) antara lain *steel grit*, *brown aluminium oxide*, *white aluminium oxide*, *silicon carbide*, *garnet* dan *crushed glass*. Hasil blasting pada permukaan dari menggunakan material abrasif bentuk ini memiliki penetrasi lebih dalam dari material abrasif berbentuk bulat. Hal ini dikarenakan pada material abrasif bersudut banyak mempunyai sisi bidang kontak tumbukan terhadap benda kerja yang lebih kecil sehingga memungkinkan penetrasi yang lebih dalam.
- Butiran kotak (*blocky shape*), antara lain, *plastic blasting media*, *walnut shells* dan *sodium bicarbonate*. Pada hasil pengerjaan menggunakan material abrasif ini, memiliki penetrasi yang cenderung lebih dalam dibandingkan dengan bentuk bulat, namun cenderung lebih dangkal dibandingkan bentuk bersudut banyak. ini dikarenakan pada butiran kotak mempunyai sudut yang lebih besar dibandingkan material abrasif bersudut banyak sehingga luas bidang kontak butiran kotak terhadap permukaan benda kerja cenderung lebih besar.

2.4.2 Propertis Bahan Abrasif

(Terlampir)

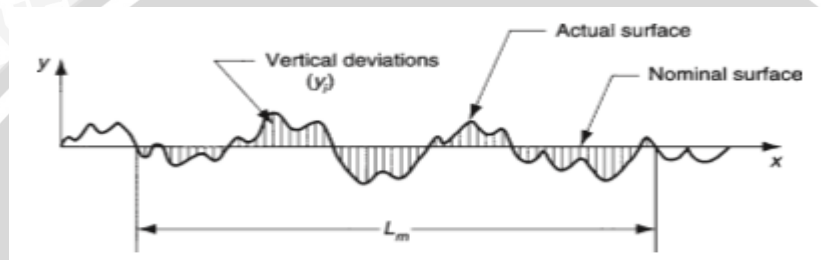
2.5 Baja Karbon Rendah

Baja karbon adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan paduan sedikit Silisium, Mangan, Posphor, Sulfur, dan Cupper. Adapun sifat dari baja karbon tersebut sangat tergantung pada kadar karbon yang dikandungnya, oleh karena itu baja karbon tersebut dapat dikelompokkan dengan berdasarkan kadar karbonnya. *Low carbon steel* atau baja karbon rendah mengandung unsur karbon antara 0,03-0.3 %C dalam sturktur baja tersebut. Baja jenis ini memiliki keuletan dan ketangguhan yang tinggi namun juga memiliki sifat ketahanan aus dan kekerasan yang rendah. Pemasaran baja jenis ini banyak dibuat dalam bentuk plat baja, baja strip, dan baja batangan. Untuk penggunaannya sendiri baja jenis ini umumnya di dgunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen

struktur bangunan, jembatan, pipa-pipa saluran pada gedung-gedung, *Frame* mobil, dan lain-lainya.

2.6 Kekasaran Permukaan

Dari dalam sumber buku Rochim, (2001: 54), menyatakan kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan ketidakteraturan konfigurasi pada permukaan benda kerja bisa berupa kawah kecil atau goresan yang terdapat di permukaan profil yang ditinjau. Konfigurasi ialah batas yang memisahkan benda padat dan sekelilingnya. Ketidakteraturan konfigurasi dari suatu permukaan dapat diuraikan menjadi beberapa tingkatan.



Gambar 2.3 Profil kekasaran permukaan.

Sumber : Groover, (89) *fundamental of modern manufacturing 4th edition*

2.6.1 Pengukuran Kekasaran Permukaan

Rochim, (2001:55) proses pengukuran kekasaran permukaan dikenal beberapa istilah penting, yaitu :

1. Profil Geometris Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Adalah profil permukaan sempurna (Dapat berupa garis lurus, lengkung, atau busur).

2. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil terukur adalah merupakan profil permukaan terukur.

3. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Adalah profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidakteraturan konfigurasi permukaan. Profil ini dapat berupa garis lurus atau menyinggung puncak tertinggi profil terukur dalam suatu panjang sampel.

4. Profile alas (*Root Profile*)

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan kebawah sehingga menyinggung titik paling rendah profil terukur.

5. Profile Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah merupakan bentuk profil yang ada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa. Sehingga jumlah luas dari bagian atas profil tengah sampai pada bentuk profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah dari profil tengah sampai pada bentuk profil terukur.

Dari beberapa penelitian sebelumnya kekasaran permukaan hasil proses *sandblasting* dipengaruhi oleh berbagai faktor, yakni factor manusia, besar dan bentuk butir material abrasif, tekanan yang digunakan, jarak *nozzle* terhadap permukaan benda kerja, diameter *nozzle*, sudut penyemprotan, waktu penyemprotan, dan lain-lain. Dan pada penelitian ini akan diteliti mengenai pengaruh jenis peningkatan penyemprotan bahan abrasif pada proses *sandblasting* terhadap kekasaran permukaan pada baja karbon rendah .

Toleransi nilai kekasaran rata-rata (Ra) suatu permukaan tergantung dari proses pengerjaannya. Berikut ini merupakan contoh harga kelas kekasaran rata-rata berdasarkan proses pengerjaannya.

Kelas kekasaran		R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Harga Ra (µm) maksimum yang diizinkan	ukuran: > 250	-	25	6,3	1,6	0,4	0,1	0,025
	250 - 120	-	20	5	1,25	0,32	0,08	0,02
	120 - 50	-	16	4	1	0,25	0,063	0,016
	50 - 18	50	12,5	3,2	0,8	0,2	0,05	-
18 - 6	40	10	2,5	0,63	0,16	0,04	-	
≤ 6	32	8	2	0,5	0,125	0,032	-	
Persamaan dengan kelas ISO apabila hubungan antara kekasaran & diameter tidak penting.		N12	N10	N8	N6	N4	N2	-
Hubungan antara kekasaran dengan toleransi dimensi	Konstruksi umum	IT16 IT15	IT14 IT12	IT11 IT10 IT9	IT8 IT7 IT6	IT6 IT4 IT3	IT2 IT1	-
	Pelumasan hidrodinamik	-	-	-	IT11 IT10 IT9	IT8 IT7 IT6	IT5 IT4 IT3	-
Ongkos pembuatan (relatif)		-	1	±2	±4	±8	±16	-
Cara pembuatan		SK: sangat kasar, N: normal, H: halus, K: kasar SH: sangat halus						
1. Tanpa pemesinan:								
	Shear	N	H	-	-	-	-	-
	Flame cutting	N	H	-	-	-	-	-
	Sand casting	N	H	-	-	-	-	-
	Chill casting	-	-	H	-	-	-	-
	Die casting (metals)	-	-	N	H	-	-	-
	Forging	-	K	N	H	-	-	-
	Coining (metals)	-	K	N	H	-	-	-
	Scouring	-	K	N	H	-	-	-
	Extrusion	-	-	N	N	H	-	-
	Drawing	-	-	K	N	H	-	-
	Rolling	-	-	K	N	H	-	-
	Blasting	-	-	K	N	H	-	-
	Tumbling	-	-	K	N	H	-	-
	Injection molding	-	-	-	K	N	H	-
	Synthetic materials	-	-	-	-	K	N	H
	Polishing	-	-	-	-	K	N	H
2. Dengan pemesinan:								
	Drilling	-	N	-	-	-	-	-
	Sawing	-	K,N	N,H	-	-	-	-
	Shaping	SK	K	N	-	-	-	-
	Milling	SK	K	N	H	-	-	-
	Turning	-	K	N	H	SH	-	-
	Filing	-	K	N	H	SH	-	-
	Reaming	-	K	N	H	SH	-	-
	Slotting	-	K	N	H	SH	-	-
	Broaching	-	-	K	N	H	-	-
	Plough grinding	-	-	K	N	H	SH	-
	Circular grinding	-	-	K	N	H	SH	-
	Boring	-	-	K	N	H	SH	-
	Super finishing	-	-	-	K	N	H	SH
	Lapping	-	-	-	K	N	H	SH
Pergunaan:								
	Limiting faces	SK	K	N	H	-	-	-
	Mating faces	-	K	N	H	SH	-	-
	Fitting faces	-	K	N	H	SH	-	-
	Pressure faces	-	K	N	H	SH	-	-
	Running faces	-	-	K	N	H	SH	-
	Rolling faces	-	-	K	N	H	SH	-
	Sealing faces	-	-	K	N	H	SH	-
	Measuring faces	-	-	-	K	N	H	SH

Gambar 2.4 Nilai kekasaran berdasarkan proses pemesinan
Sumber : Rochim (2001)



2.6.2 Parameter Pengukuran kekasaran Permukaan

Berdasarkan profil-profil yang diterangkan diatas maka dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan yaitu yang berhubungan dengan dimensi pada arah mendatar pada dimensi arah tegak dikenal beberapa parameter yaitu :

- Kekasaran permukaan rata-rata Aritmatik (*mean roughness index/center Line a average CLA*), Ra (μm)

Adalah harga rata-rata aritmetik bagi harga absolutnya jarak antara profil terukur dan profil tengah

$$Ra = \int_0^{Lm} \frac{|Y_i|}{Lm} dx \dots \dots \dots (2-1)$$

Atau

$$Ra = \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i|}{n} \dots \dots \dots (2-2)$$

Keterangan :

Y_i = luasan dari profil terukur dengan profil tengah

n = jumlah titik penyimpangan dari profil yang diukur sepanjang Lm

- Kekasaran rata-rata total Rz (μm).

Merupakan jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi di kurangi rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

Secara teoritis cat akan melekat lebih kuat pada permukaan benda kerja yang mempunyai tingkat kekasaran tinggi karena dengan kekasaran tinggi luas bidang kontak cenderung semakin luas sehingga dapat memperluas bidang kontak dengan cat tersebut. namun kekasaran yang berlebihan juga membuat permukaan menjadi cenderung tidak rata sehingga perlu lebih banyak cat untuk meratakan permukaan tersebut dan secara otomatis terjadi pemborosan biaya pada proses produksi.

2.7 Pengecatan

2.7.1 Pengertian Pengecatan

Pengecatan merupakan salah satu dari prinsip pencegahan korosi, hasil pengecatan yang baik perlu memperhatikan pemilihan jenis cat berdasarkan penggunaan atau bahan kimia pengikatnya serta kondisi permukaan yang baik sehingga cat dapat melapisi logam dengan baik. Dengan demikian akan menghambat terjadinya laju korosi (Erwin & Putu, 2011 : 205). Adapun metode pengecatan yakni :

1. *Brushing*

Pengecatan pada metode ini menggunakan kuas sebagai alat untuk memberi, meratakan cat pada permukaan benda kerja yang pada umumnya digunakan, bagian yang sulit untuk dijangkau.

2. *Rolling*

Pada metode ini prinsipnya sama dengan brushing hanya saja bentuk alatnya berbentuk silinder, di mana sisi selimut dari silinder tersebut merupakan sisi kontak terhadap benda kerja dalam pengecatan. Jika dibandingkan dengan metode *brushing*, selain mempunyai sisi kontak yang luas terhadap benda kerja, *roller* juga relatif mudah penggunaannya karena penggunaannya dengan cara digelindingkan pada permukaan benda kerja hingga cat merata

3. *Spraying*

Pengecatan dengan metode ini dilakukan dengan cara menyemprotkan bahan cat dan bahan pelarut dengan udara bertekanan. Pengecatan dengan metode *air spray* mempunyai beberapa keuntungan : yaitu biaya murah, kualitas bagus, dan peralatan yang digunakan cukup sederhana. Udara bertekanan tersebut dialirkan dari kompresor pada sebuah *house*/selang angin yang kemudian dihubungkan dengan *spray gun* yang merupakan alat untuk menyemburkan larutan cat guna untuk pengecatan pada benda kerja.

2.7.2 Pengertian Cat

Cat atau lapisan liquid adalah lapisan proteksi yang bertujuan memberi perlindungan permukaan logam dari akses lingkungannya dengan cara mengaliplikasikan lapisan tipis diatas permukaan logam. Cat berbahan cair yang bersifat kental dan terdiri dari 3 komponen utama, yaitu : pigmen atau bahan pewarna, binder atau *resin* (bahan pengikat) dan solvent atau bahan pelarut. Cat bermanfaat untuk melindungi suatu permukaan material dan setelah mengering akan membentuk suatu lapisan yang kering dan tipis, lapisan tersebut berkoehesi dengan daya rekat yang baik pada permukaan suatu meterial. Secara umum cat terdiri dari :

1. *Resin* (binder)

Komponen dasar atau bagian yang cair dari cat dan membentuk lapisan film pada permukaan setelah cat kering. Berfungsi sebagai bahan perekat dan pemberi kohesi memegang peranan dalam proses pengeringan cat, serta memberi kekuatan lapisan. Merupakan suatu prasarana yang mutlak dalam cat.

2. *Pigmen*

Pigmen adalah merupakan partikel padat bahan pemberi warna dan menutupi permukaan sebelumnya serta memperlambat laju korosi pada permukaan suatu logam, selain itu memberi efek kilap dan menambah ketahanan terhadap cuaca serta turut menguatkan lapisan film pada cat yang telah kering.

3. *Pelarut*

Pelarut adalah bahan berwarna bening yang dapat melarutkan bahan dasar dan warna sekaligus berfungsi sebagai pengencer.

4. *Bahan tambahan/Aditif*

Bahan tambahan berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan cat dan sebagai bahan pelengkap yang digunakan untuk meningkatkan *property* dari cat dalam hal kekuatan ketahanan dan aplikasi saat melakukan pengecatan.

2.7.3 Jenis-jenis Cat Untuk Logam

Berikut beberapa jenis contoh cat yang umumnya digunakan pada benda kerja atau logam dalam bidang industri manufaktur dalam hal *maintenance* dan perlindungan guna memperpanjang usia pakai dari material.

1. *Cat Alkyd Syntetic.*

Alkyd Syntetic adalah jenis cat yang memberi daya kilap (*gloss*) tinggi yang digunakan untuk bagian eksterior dan interior. Kelebihannya antara lain, tahan terhadap berbagai jenis cuaca dan jamur. Secara umum, jenis cat ini digunakan untuk permukaan logam dan kayu.

2. *Zinc Chromate Primer.*

Zinc chrome adalah jenis cat dasar yang digunakan pada logam yang bahan terbuat dari *zinc chromate*. Cat ini ditujukan untuk menghindari karat pada logam. Biasanya dipergunakan untuk pengecatan logam, seng, besi dan logam lainnya.

3. *Cat Duco.*

Mungkin cat jenis ini yang paling familiar, sebab, sering disebut sebagai cat dempul. Cat ini digunakan sebagai cat dasar penutup permukaan kayu atau logam sehingga didapatkan permukaan yang lebih rapat dan melalui proses pengerjaan akan didapatkan permukaan yang lebih halus.

4. *Cat Stoving.*

Jenis cat ini biasanya digunakan untuk pengecatan tahap akhir pada logam. Penggunaan untuk mendapatkan hasil yang maksimal, pengaplikasiannya dilakukan dengan sistim oven. Biasanya dipergunakan untuk pengecatan barang elektronik, tabung, logam dan lainnya.

5. Cat *Epoxy*.

Jenis cat ini digunakan cat dasar dan mempunyai kekuatan ikat yang kuat sehingga sering dipergunakan sebagai penutup permukaan sebelum dilakukan pengecatan tahap akhir. Jenis *epoxy* dapat juga dijumpai dalam berbagai bentuk seperti lem *epoxy*, dempul *epoxy*, dan *epoxy injection*.

2.7.4 Sistem Pelapisan

Coating terdiri dari tiga lapisan yang seringkali juga disebut *Total Coating System*, lapisan-lapisan tersebut terdiri dari :

a. *Primer*

Cat dasar untuk melindungi permukaan logam agar tidak berkarat. Fungsi dititikberatkan kepada pigment sebagai anti karat. Sifat yang dibutuhkan harus memiliki daya rekat yang baik terhadap permukaan.

b. *Intermediate / Undercoat*

Cat tengah untuk menambah ketebalan dan rintangan terhadap akses dari lingkungan. Biasanya lebih tebal dari cat dasar dan cat akhir.

c. *Top Coat/Finish Coat*

Cat akhir untuk melindungi bagian luar terhadap akses lingkungan dan berfungsi sebagai keindahan suatu estetika. Ditekankan pada ketahanan warna dan daya kilat.

2.7.5 Proses Pelapisan/*Coating*

Proses *Coating* merupakan teknik perlindungan permukaan dari lingkungan yang agresif dan paling banyak digunakan di dalam bidang *engineering*. Proses *Coating* dipilih karena pengerjaannya yang mudah, ekonomis dan efisien. Pada dasarnya fungsi dari *coating* tidaklah hanya untuk mengendalikan korosi melainkan aspek dekoratif dimana warna dapat memperindah dan menambah nilai dari suatu material.

Proses pelapisan/*coating* pada penulisan skripsi ini yaitu *coating primer system*. Pada pengaplikasian *coating* ini menggunakan cat dengan bahan dasar *epoxy*. Dalam hal ini pengaplikasian lapisan yang diberikan pada tiap spesimen adalah sama. Dengan

metode spraying $1\frac{1}{2}$ layer untuk sekali aplikasi *coating* terhadap semua spesimen. Dalam hal ini, material yang akan di cat dikondisikan. Setelah di cat spesimen dibiarkan berada pada luar ruangan selama ± 72 jam.

2.7.6 Mengidentifikasi Lingkungan/Permukaan Sebelum Pelapisan/*Coating*

Kondisi lingkungan yang dimaksud adalah lokasi dimana akan dilakukannya proses pelapisan. Kondisi lingkungan mutlak diperhatikan sebelum melakukan aplikasi *coating* adalah:

- Temperatur Lingkungan

Pemeriksaan terhadap temperature permukaan logam sebelum pelapisan berguna untuk mendeteksi adanya kondensasi atau uap air pada permukaan. Temperature permukaan yang akan lapisi minimal 3°C diatas titik embun.

- Titik Embun

Titik embun adalah temperatur tertentu dimana kelembaban udara berubah menjadi uap air yang akan menbasahi permukaan logam.

- Kelembaban Udara

Yang dimaksud dengan kelembaban udara adalah presentase kadar air yang ada diudara . pelapisan hanya dapat dilakukan bila kelembaban udara dibawah 85%.

- Arah dan Kecepatan Angin

Agar proses penyemprotan tepat pada sasaran permukaan dan kontaminasi yang dapat terjadi pada permukaan akibat debu dan partikel kimiayang terbawa angina dapat dihindari. Penyemprotan pelapisan tidak disarankan apabila kecepatan angina melebihi 25 km/jam.

2.7.7 Metode Pengukuran Ketebalan Cat

Dalam pengaplikasian cat, salah satu yang perlu diperhatikan adalah ketebalan cat karena penting kaitannya dengan perlindungan terhadap korosi. Pada umumnya tebal dinyatakan dengan tebal minimum atau tebal rata-ratanya. Pengujian ketebalan cat dapat dilakukan dengan 2 metode menurut hasil akhir dari pengujian, yakni *destruktif test* (pengujian yang merusak spesimen) *non-destruktif test* (tanpa merusak spesimen) dan. Metode *destruktif test* dapat dilakukan dengan cara mengupas cat, kemudian mengukur ketebalannya menggunakan mikroskop. Kemudian untuk *non-destruktif* biasa

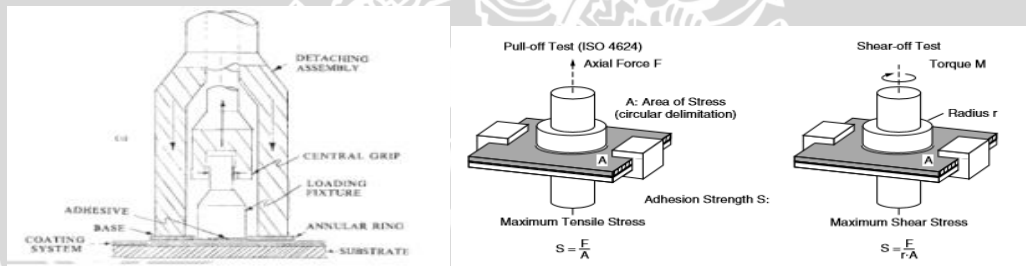
menggunakan mikrometer secara langsung dengan membandingkan tebal awal sebelum pengecatan dan tebal akhir atau setelah pengecatan. Atau bisa juga dengan melalui metode pengukuran DFT yaitu pengukuran langsung menggunakan alat *elcometer*, setelah cat yang menempel pada permukaan sudah dalam kondisi solid 100%

2.8 Pengujian Kekuatan Rekat Cat

Metode pengujian kekuatan rekat cat berdasarkan alat yang digunakan dalam setelah aplikasi *coating* yakni :

1. Metode *pull-off test*.

Pada metode ini menggunakan peralatan khusus yaitu *pull-off adhesion tester*. Dengan menggunakan *pull-off adhesion tester portabel*, beban semakin diterapkan ke permukaan sampai dolly ditarik (*off*) . Gaya yang dibutuhkan untuk menarik *dolly*, menghasilkan kekuatan tarik dalam *pound per inci* persegi (psi) atau *megapascal* (MPa). Kegagalan akan terjadi sepanjang bidang terlemah dalam lingkup sistem dari *dolly*, perekat, sistem pelapisan, dan substrat.



Gambar 2.5 *Pull-off adhesion tester method*.
 Sumber : ASTM D 4541;7 (2002) and Arthur A.Tracton

Prinsip kerja pada alat ini adalah menggunakan sistem mekanik sebagai penarik dari “*dolly*”, di mana “*dolly*” tersebut direkatkan pada permukaan hasil pengecatan, *pool off adhesion tester* ini dirancang untuk mengukur kekuatan ikatan pelapis (*coating*) dengan permukaan benda kerja tersebut, hingga cat terlepas dari permukaan benda kerja (gbr. 2.7), besar tekanan yang digunakan untuk melepaskan cat dari permukaan benda kerja adalah parameter kekuatan rekat cat. Menurut ASTM D4541-02 mengenai standart pengujian kekuatan rekat lapisan dengan alat ukur *portable adhesion tester*, dengan rumus :

$$X = 4F / \pi d^2 \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana :

X = Nilai kekuatan tarik yang dicapai pada kegagalan lapisan dinyatakan (N/mm^2)

F = gaya yang di terapkan pada benda uji.

D = Diameter permukaan benda uji (mm).

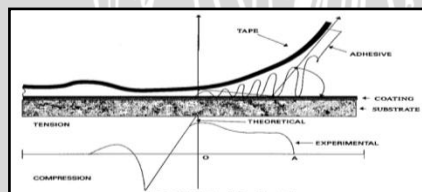
Scale	Range		
	N/mm ² (MPa)	kg/cm ²	lb/in ²
1	0.5 to 3.5	5 to 35	100 to 500
2	1 to 7	10 to 70	200 to 1000
3	3 to 15	30 to 150	500 to 2000
4	5 to 22	50 to 220	500 to 3200
5	0.05 to 0.2	0.5 to 2.0	5 to 30

Gambar 2.6 *Technical Specification pool-off*

Sumber : *Elcometer part book ;10 (2012).*

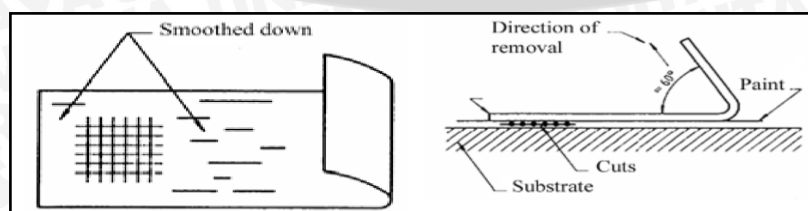
2. Metode *Cross-Cut Tape Test*

Pengujian kekuatan Lekat *Coating* pada Substrat dengan Menggunakan Metoda *Tape Test*”, bahwa “*tape test* merupakan suatu metode untuk menguji kekuatan rekat atau adhesi cat/*coating* di atas permukaan logam. Ada dua cara yang bisa dilakukan yaitu, metode A (*X-Cut Tape Test*) dengan ketebalan *coating* > 125 μm dan metode B (*Cross-Cut Tape Test*) dilakukan di laboratorium dengan ketebalan *coating* < 125 μm .” Prinsip kerja dari metode ini yakni menggunakan *tape* dengan kekuatan rekat tertentu sebagai subjek penarik dari cat.



Gambar 2.7 Prinsip kerja pengujian *cross-cut*

Sumber : EN ISO 2409:2007



Gambar 2.8 Cara pengujian metode *Cross-Cut Tape Test*

Sumber : EN ISO 2409:2007.

Cara kerja pengujian ini pertama tama membuat goresan pada cat dengan panjang dan jarak garis tertentu (terlampir), setelah itu dilanjutkan dengan menempelkan *tape* sejajar dengan hasil goresan. Tahap selanjutnya dilakukan penarikan *tape* dari permukaan benda kerja dengan sudut 60° seperti terlihat pada gambar 2.9.

Banyak tidaknya cat yang terlepas menjadi tolak ukur dari daya rekat cat, di mana semakin sedikit cat yang terlepas maka kekuatan rekat catnya semakin baik. Menurut BS EN ISO hasil pengujian ini diklasifikasikan menjadi 6, yakni “0” hingga “5”. Adapun penilaian klasifikasi dari metode ini seperti terlihat pada gambar dibawah ini.

Appearance of Cross-cut Area	0	1	2	3	4
Percentage of Flaking	0%	<5%	<15%	<35%	<65%
Classification	0	1	2	3	4

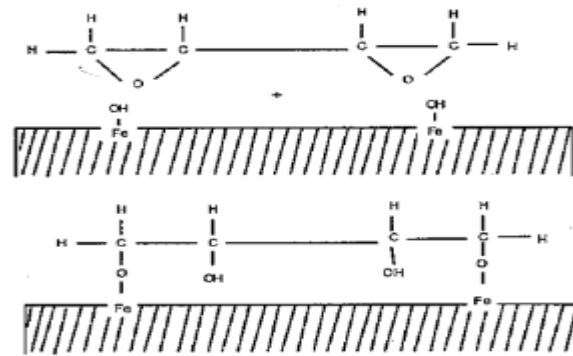
Gambar 2.9 Prinsip mengklasifikasikan cat film adhesi dalam metode *cross-cut test*.
Sumber : Arthur A.Tracton (2007)

2.8.1 Adhesivitas Cat

Adhesivitas atau kekuatan rekat pada dasarnya terbagi menjadi 2, yaitu perekatan kimia dan perekatan mekanis. Masing-masing perekatan ini dapat bekerja sama, perekatan untuk mengikat antara cat dengan substrat.

- *Chemical adhesion* (Perekatan kimia)

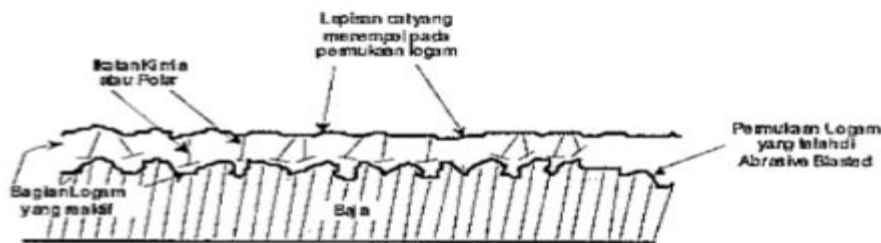
Perekatan kimia merupakan perekatan yang paling efektif. Perekatan ini terjadi karena adanya ikatan kimia antara molekul cat dengan permukaan substrat. Ikatan kimia ini disebut *primary valance bold*. Umumnya ikatan ini banyak ditemukan pada logam yang dilapisi dengan inorganic zinc dan dapat juga terjadi pada cat jenis *epoxy*. Molekul *epoxy* dapat terikat pada substrat logam karena adanya metal *hydroxide groups* melalui proses kondensasi , seperti diilustrasikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.10 Skema *Chemical adhesion* antara cat dan substrat logam
 Sumber : Moh.Syaiful anwar (2009).

- *Mechanical adhesion* (Perekatan Mekanik)

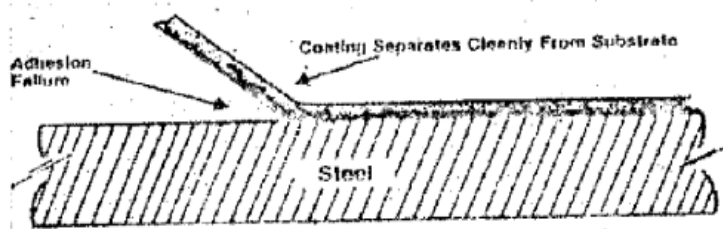
Perekatan mekanik adalah perekatan yang berhubungan dengan kekasaran permukaan atau *anchor pattern substrat*. Permukaan kasar memberikan keuntungan pada lapis lindung cat yaitu dapat memperluas permukaan yang akan dicat, meningkatkan gaya tarik menarik grup polar pada molekul organik, dan meningkatkan kekuatan rekat mekanik antara permukaan logam dan cat karena keberadaan *mechanical interlocking/tooth*. Gambar dibawah ini menunjukkan sketsa terjadinya ikatan coating pada permukaan logam yang telah di kasarkan.



Gambar 2.11 Skema *Mechanical adhesion* antara cat dan substrat logam
 Sumber : Moh.Syaiful anwar (2009).

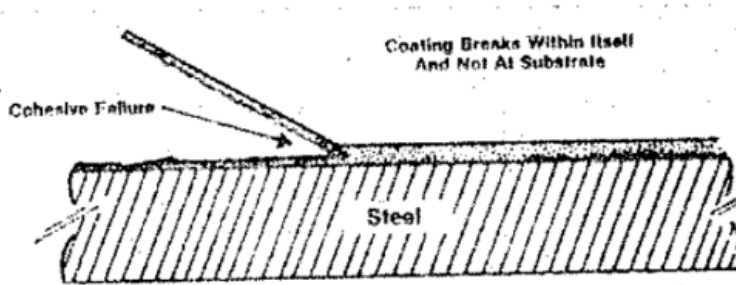
Persiapan permukaan yang baik yaitu, aspek kebersihan dan tingkat kekasaran permukaan yang dihasilkan mampu meningkatkan kemampuan/kekuatan rekat cat terhadap substrat. Sehingga lapisan tidak mudah mengalami kerusakan akibat adanya pengaruh mekanik dari lingkungan. Apabila cat tidak merekat kuat secara kuat pada permukaan substrat maka cat dengan mudah akan terkelupas ketika terkena gaya mekanik dari luar. Pengelupasan tersebut dikenal sebagai kondisi delaminasi. Selain karena faktor

persiapan permukaan yang kurang baik/tepat, pengelupasan cat juga bias dipengaruhi sifat fisik cat itu sendiri. Kekuatan rekat antara cat dengan substrat disebut dengan ikatan adhesi.



Gambar 2.12 Kegagalan adhesi
Sumber : Moh.Syaiful anwar, (2009)

Adapun kekuatan kohesif atau ikatan kohesi adalah kemampuan rekat antar molekul cat. Perlindungan terbaik cat diperoleh ketika kekuatan adhesi cat lebih besar dari pada kekuatan kohesinya tersebut sehingga ketika timbulnya gaya mekanik tidak sampai menyebabkan terjadinya delaminasi, yakni dimana hanya terjadi kerusakan disebagian permukaan cat saja yang terkelupas dan tidak sampai ke permukaan substrat.



Gambar 2.13 Kegagalan Kohesi
Sumber : Moh.Syaiful anwar (2009)

2.9 Hipotesis

Berdasarkan landasan teori, dalam penelitian ini hipotesis awal yang dapat dikemukakan adalah tingkat pengulangan/peningkatan penyemprotan bahan abrasif akan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan material akibat dari penambahan intensitas tumbuk dari abrasif, semakin bertambahnya intensitas tumbuk dari abrasif maka gaya dan energi tumbuk terhadap spesimen akan semakin besar sehingga menyebabkan permukaan yang semakin kasar. Kekasaran permukaan yang semakin meningkat juga akan

mempengaruhi meningkatkan ketebalan lapisan pelindung/cat maka kekuatan rekat dari cat tersebut juga akan meningkat.



