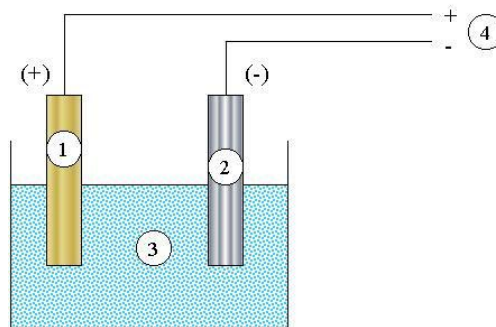


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Anodisasi (Anodizing)



Gambar 2.1. Skema pelaksanaan pelapisan anodizing
Sumber : (BPPT, 1998)

Keterangan :

- (1) Anoda (bahan kerja)
- (2) Katoda (penghantar)
- (3) Elektrolit
- (4) Sumber arus searah

Peralatan utama pada proses anodisasi sama seperti yang digunakan pada proses lapis secara listrik yaitu penyearah arus (rectifier), elektroda non katoda dan anoda, rak serta bak. Sebaliknya yaitu proses anodizing tidak menggunakan sistem barrel dan alat pemanas, tetapi menggunakan sebaliknya yaitu alat pendingin (thermostart).



Fungsi dari alat-alat tersebut hampir sama yang digunakan pada proses lapis listrik. Pemakaian arus searah akan menghasilkan lapisan yang lebih keras dan tahan korosi, tetapi lebih bersifat rapuh (brittle).

Sifat ketahanan korosi tergantung pula pada proses pengerjaan akhir terutama pada proses sealing. Proses pengerjaan akhir lainnya adalah proses pewarnaan. Proses pengerjaan pewarnaan ini meliputi pewarnaan langsung (integral coloring) dan pewarnaan dengan bahan pewarnaan organik atau anorganik. Pewarnaan langsung adalah proses pewarnaan yang langsung terjadi pada saat proses anodisasi tanpa menambah/menggunakan bahan pewarna.

Selama proses oksidasi anoda permukaan aluminium dirubah menjadi oksida aluminium. Dimana asam sulfat yang digunakan haruslah asam pekat, serta asam tersebut menjadi oksidator. Ketebalan oksida kurang lebih dua kali aluminium yang hilang. Beberapa manfaat dari oksidasi anoda aluminium antara lain meningkatkan ketahanan mempengaruhi ketebalan lapisan. Sedangkan waktu proses divariasikan juga karena waktu proses juga berpengaruh pada ketebalan dan kecerahan lapisan. Pengujian iluminasi cahaya digunakan selain untuk melihat nilai kecerahannya juga dapat menilai kerataan (kehalusan) permukaan dari lapisan tersebut karena kecerahan berhubungan langsung dengan kerataan permukaan (*I Gst. Ngr. Nitya Santhiarsa, 2010*).

Anodisasi aluminium adalah metode elektrokimia untuk mengubah aluminium menjadi oksida aluminium (Al_2O_3) pada permukaan yang akan dilapisi.



Hal ini dapat dicapai dengan membuat benda kerja sebagai anoda yang kemudian dicelupkan dalam sel elektrolit yang sesuai. Walaupun sebagian logam dapat dianodisasi, termasuk aluminium, titanium dan magnesium, tetapi hanya aluminium yang banyak digunakan dalam industri anodisasi.

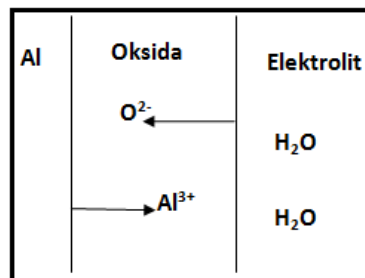
Mekanisme dari proses anodisasi merupakan pembentukan lapisan oksida, yang membuat proses ini mirip dengan proses mekanisme korosi pada logam. Dapat dilihat pada diagram Pourbaix aluminium bahwa pada pH dan potensial tertentu dari logam aluminium mampu teroksidasi menjadi bentuk ion sehingga logam ini dapat berikatan dengan oksigen serta membentuk lapisan oksida.

Reaksi pembentukan lapisan oksida pada aluminium adalah:



Logam aluminium pada sel anodisasi diposisikan sebagai anoda sehingga pada akhirnya logam inilah yang akan teroksidasi. Katoda yang digunakan adalah elektroda *inert*. Katoda dan anoda dicelupkan ke dalam larutan elektrolit yang bersifat asam maupun basa, hal ini dimaksudkan agar pH aluminium berada pada daerah yang rentan terhadap proses oksidasi. Agar terjadi aliran arus pada sel percobaan, maka katoda dan anoda dihubungkan pada sumber arus searah (DC) yaitu *rectifier*, dimana aluminium dihubungkan dengan kutub positif dan katoda berupa elektroda *inert* dihubungkan pada kutub negatif.

Pada saat rectifier diaktifkan, maka arus akan mengalir dari kutub positif dan hal ini akan menyebabkan terjadinya pelepasan elektron pada aluminium, yang menyebabkan aluminium teroksidasi dan berikatan dengan oksigen serta membentuk lapisan oksida (*Bambang Wahyu Sidharta, 2014*).



Gambar 2.2. Ilustrasi transport ion ke lapisan oksida

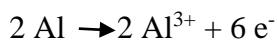
Reaksi yang terjadi pada anoda : Reaksi pada logam/oksida :



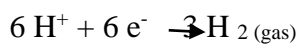
Reaksi pada oksida/elektrolit :



Total reaksi pada anoda :

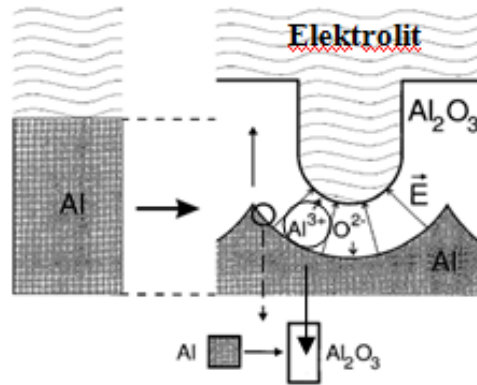


Sedangkan reaksi yang terjadi pada katoda adalah :



Sehingga total reaksi yang terjadi pada proses anodisasi adalah :





Gambar 2.3. Skema pembentukan lapisan oksida pada permukaan aluminium

Berdasarkan spesifikasi dari MIL-A-8625, anodisasi dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan larutan yang dipakai, yaitu :

Tipe I. Menggunakan asam kromat CrO_3 sebagai elektrolit, akan menghasilkan lapisan oksida yang relatif tipis, fleksibel serta ketahanan terhadap korosi yang baik. Konsentrasi dari asam kromat yang digunakan berkisar antara 2% hingga 15%.

Tipe II. Menggunakan asam sulfat H_2SO_4 sebagai elektrolit, akan menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal dan relatif lebih baik dibandingkan dengan tipe I. Konsentrasi larutan yang digunakan antara 8 – 35% berat.

Tipe III. Tipe ini juga menggunakan asam sulfat sebagai elektrolitnya, hanya saja temperatur operasinya lebih rendah antara -5 hingga +100C, dengan konsentrasi larutan yang digunakan antara 15 – 35% berat. Tipe ini juga dikenal sebagai *hard anodizing*.



Lapisan oksida yang dihasilkan relatif lebih tebal dan lebih baik dibandingkan dengan tipe I dan tipe II, sehingga ketahanan korosi dan ketahanan ausnya juga lebih baik.

Selain ketiga tipe anodisasi di atas, juga ada anodisasi yang menggunakan elektrolit campuran yaitu antara asam sulfat (H_2SO_4) dan asam oksalat ($H_2C_2O_4$), yang banyak digunakan untuk mendapatkan hasil lapisan oksida yang lebih baik dibandingkan dengan hanya menggunakan asam sulfat sebagai elektrolit (LeBlanc,R). Metode ini menggunakan asam sulfat 15 – 20% serta penambahan asam oksalat lebih kurang 10% sebagai elektrolitnya. Temperatur operasi yang digunakan lebih tinggi dibandingkan dengan tipe II, yaitu antara 20 – 250C. Metode ini jugamenggunakan tegangan listrik yang lebih besar yaitu antara 20 – 25 volt sedangkan rapat arus yang dipakai antara 1-2 A/dm² (*Aluminium Handbook 2, 2003 dan <http://surtec.com.pdf>*).

2.2. Faktor -faktor yang Mempengaruhi Anodizing

a.Suhu

Suhu sangat penting untuk menyeleksi cocoknya jalannya reaksi dan melindungi pelapisan. Untuk anodisasi dekoratif proses pelapisan dilakukan pada temperatur kamar.



b. Kerapatan arus

Kerapatan arus adalah arus yang digunakan pada saat proses pelapisan per satuan luas bahan, bagaimanapun nilai kerapatan arus mempengaruhi waktu plating untuk mencapai ketebalan pelapisan oksida.

c. Nilai pH

Derajat keasaman (pH) merupakan faktor penting dalam mengontrol larutan elektrolit.

d. Waktu Proses Anodizing

Waktu proses anodizing sangat berpengaruh pada kecerahan yang diharapkan. Semakin lama pencelupan maka ketebalan lapisan semakin bertambah, hal inilah yang mempengaruhi tingkat kecerahan (*Nitya Santhiarsa, 2010*).

2.3. Tujuan Dari Proses Anodizing

1) Meningkatkan ketahanan korosi

Dari proses anodisasi, lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam lebih tahan terhadap serangan korosi dalam lingkungan air garam serta atmosfer. Lapisan oksida yang terbentuk akan melindungi logam dibawahnya dengan bertindak sebagai penghalang (barrier) dari serangan lingkungan yang lebih korosif.



2) Meningkatkan sifat adhesive

Lapisan tipis oksida yang dihasilkan dari anodisasi menggunakan asam fosfat dan kromat dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan ketangguhan, biasanya digunakan pada industri penerbangan.

3) Meningkatkan ketahanan aus (*wear resistant*)/*durability*

Proses *hard anodizing* dapat menghasilkan lapisan oksida dengan ketebalan 25 – 100 mikron. Lapisan tersebut, dengan kekerasan inheren aluminium oksida yang cukup tebal dapat digunakan untuk aplikasi di bawah kondisi ketahanan abrasi. Lapisan oksida (Al_2O_3) ini memiliki kekerasan yang tinggi (sebanding dengan *sapphire*) atau paling keras setelah intan.

4) Isolator listrik

Lapisan oksida memiliki resistivitas yang tinggi khususnya lapisan oksida yang porinya tertutup.

5) Dapat melekat pada *plating*

Berikutnya pori dari lapisan anodik oksida dapat mendukung proses *electroplating*, biasanya asam yang digunakan sebagai elektrolit pada proses ini adalah asam fosfat.

6) Aplikasi dekorasi/tampilan

Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilap, dimana pada aluminium tampilan oksida yang alami sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang terbentuk dapat diberi warna dengan cara atau metode lain.



Pewarnaan organik akan diserap pada lapisan pori untuk menghasilkan warna tertentu, dan pigmen yang mengendap di dalam pori akan menghasilkan warna yang stabil.

7) Ketahanan panas/*heat resistance*

Oksida aluminium tahan temperatur tinggi. Ketahanan panas dari komponen yang dianodisasi hanya terbatas pada temperatur lebur dari aluminiumnya sendiri atau kekuatan mekanik pada temperatur tinggi.

8) Toxicity

Aluminium yang dianodisasi secara umum dikenal sebagai material yang aman untuk aplikasi medis dan juga untuk makanan serta minuman (*Aluminium Handbook 2, 2003 dan ASM Handbook vol. 13, 1987*)

2.4. Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Lapisan Oksida

Factor yang mempengaruhi hasil dari lapisan oksida tersebut adalah waktu proses anodisasi ,temperatur larutan yang digunakan ,kerapatan arus yang digunakan per satuan luas bahan ,nilai PH dari larutan jika dalam pencampuran komposisi larutan tidak di komposisikan dengan tepat maka hasil dari lapisan oksida tidak mendapatkan hasil maksimal.suhu juga harus di jaga agar tidak melebihi suhu yang ditentukan karena akan merusak larutan anodisasi .

2.4.1. Temperatur Larutan

Proses anodising pada umumnya berfungsi untuk memperbaiki struktur permukaan dengan larutan elektrolit dari asam sulfat dengan komposisi 175-250 g



dm^{-3} , dengan temperatur 20-25 °C, dan tingkat deposisi sebesar $25 \mu\text{m h}^{-1}$ (*Annisa Syafitri K dkk, 2011*).

2.4.2. Waktu Anodisasi

Semakin lama pencelupan maka ketebalan lapisan semakin bertambah, hal inilah yang mendasari penelitian ini menggunakan variasi waktu proses anodizing yaitu 10 menit, 20 menit dan 30 menit (*I Gst. Ngr. Nitya Santhiarsa, 2010*).

2.4.3. Kuat Arus

Tegangan listrik DC sebesar 10-24 V densitas arus sebesar $10-15 \text{ mA cm}^{-2}$ (*Annisa Syafitri K dkk., 2011*).

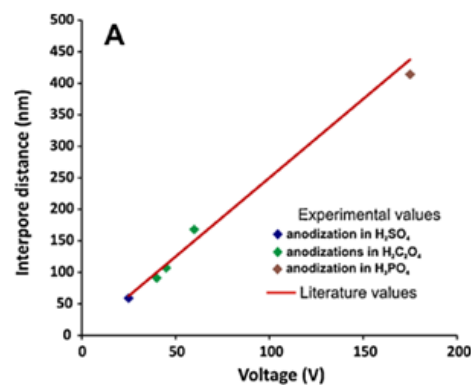
2.5. Proses Pembentukan Lapisan

Ketebalan lapisan oksidasi hasil proses anodisasi akan bertambah sejalan dengan waktu yang digunakan. Akan tetapi, laju pertambahan ketebalan lapisan oksida karena proses anodisasi juga tergantung dari beberapa faktor seperti konsentrasi, temperatur, tegang-an dan rapat arus serta jenis paduan logam.

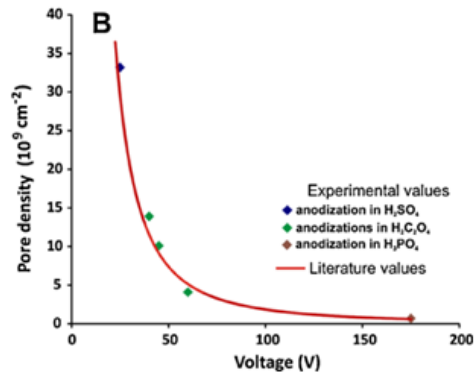
Pertama, Konsentrasi Elektrolit pada umumnya, larutan elektrolit yang digunakan pada proses anodisasi adalah asam kromat dan asam sulfat. Akan tetapi, selain ke dua asam di atas, asam oksalat dan asam fosphat juga dapat digunakan untuk proses anodisasi. Peningkatan konsentrasi dalam hu-bungannya dengan karakteristik lapisan, mempengaruhi kehilangan logam (*metal loss*) yang terjadi pada proses anodisasi. Peningkatan konsentrasi yang berlebih akan mengakibatkan terjadinya pelarutan lapisan film, untuk itu diperlukan kom-posisi

konsentrasi larutan elektrolit yang tepat untuk mendapatkan lapisan film yang optimal.

Kedua, Efek tegangan pada proses anodisasi dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan yang dipakai pada poses anodisasi maka jarak antar pori semakin besar (Gambar 2.4), akan tetapi semakin besar tegangan yang digunakan pada proses anodi-sasi, maka kerapatan pori akan berkurang (Gambar 2.5)

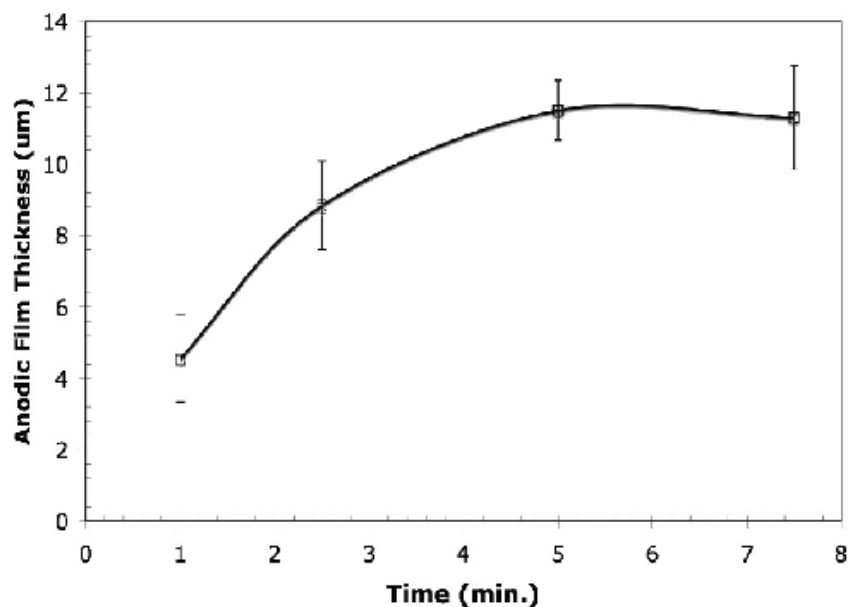


Gambar 2.4. Pengaruh tegangan pada anodisasi, pengaruh tegangan pada jarak antar pori.



Gambar 2.5. Pengaruh tegangan pada anodisasi, pengaruh tegangan pada kerapatan pori.

Ketiga, efek waktu pada proses anodisasi dari (Gambar 2.6) dapat dilihat bahwa semakin lama waktu proses anodisasi yang digunakan, maka semakin tebal lapisan anodik yang terbentuk (*Bambang Wahyu Sidharta, 2014*).



Gambar 2.6. Pengaruh waktu anodisasi pada ketebalan lapisan anodik



2.6. Proses Pewarnaan

Hampir semua aluminium dan paduannya dapat dioksidasi anoda dan diwarnai sesuai dengan yang diinginkan. Jenis anodik porous dapat diwarnai dengan obat organik, pigmen anorganik tertentu dan secara lapis listrik pula. Teknik pewarnaan aluminium antara lain :

a) Pewarna organik.

Setelah anodisasi dan pembilasan dengan air dingin, benda kerja dimasukkan dalam larutan pelarut organik yang mengandung beberapa gram/liter pewarna pada suhu 65°C.

Konsentrasi pewarna dan kontrol pH bervariasi terhadap pewarna. Waktu celup 5 - 15 menit. Setelah pewarnaan, benda kerja dibilas dalam air dingin.

b) Pigmentasi dengan mineral.

Mengisi lapisan anodik dengan pigmen mineral termasuk bahan-bahan tak larut seperti oksida logam, sulfida dan besi sianid dalam lubang oksida bisa sampai dua proses. Hasil dapat lebih baik daripada pewarna organik.

c) Lapis listrik.

Metode dan bahan yang digunakan masih menjadi rahasia perusahaan, tetapi prinsipnya seperti pada lapis listrik. Hasilnya paling baik dari metode yang lain (*Ahmad Haryono, 2013*).



2.7. Komposit Matrik Logam

Komposit adalah bahan yang terbentuk apabila dua atau lebih komponen yang berlainan digabungkan . Definisi lain menyatakan bahwa bahan komposit mempunyai ciri- ciri yang berbeda dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri kontituen asalnya . Sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisika dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit).Jika perpaduan ini bersifat mikroskopis maka disebut sebagai *alloy* (paduan). Komposit berbeda dengan paduan, untuk menghindari kesalahan dalam pengertiannya, oleh Van Vlack dijelaskan bahwa *alloy* (paduan) adalah kombinasi antara dua buah bahan atau lebih di mana bahan-bahan tersebut terjadi peleburan . Komposit adalah kombinasi terekayasa dari dua atau lebih bahan yang mempunyai sifat-sifat seperti yang diinginkan dengan cara kombinasi sistematis pada kandungan- kandungan yang berbeda tersebut (*Maulana, 2013*)

Metal matrix composites (MMCs) adalah material yang terdiri dari matrik berupa logam dan paduannya yang diperkuat oleh bahan penguat dalam bentuk continuous fibre, whiskers, atau particulate. Sifat komposit tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya diataranya adalah jenis material komposit yang digunakan, fraksi volume penguat, dimensi dan bentuk penguat dan



beberapa variabel proses lainnya. Bahan matrik umumnya adalah alumunium dan paduannya, magnesium dan paduannya serta titanium dan paduannya.

Tabel 2.1. Karakteristik fisik dan mekanik matrik aluminium

Density, ρ	2.7 g/cm ³
Modulus of elasticity, E	71 Gpa
Hardness	19 VHN
Yield strength, σ_Y	25 Mpa
Thermal conductifity, C	237 W/mK
<i>C.T.E</i>	$2,4 \cdot 10^{-5} / ^\circ C$

Kombinasi material matrik yang memiliki sifat keuletan tinggi, densitas rendah, titik lebur rendah dan penguat keramik yang keras dan getas ini akan menghasilkan karakteristik komposit MMCs yang mempunyai sifat lebih baik dari keduanya, yaitu kekuatan, modulus elastisitas, ketangguhan, ketahanan impak, konduktivitas listrik dan panas yang tinggi. Karakteristik mekanik dan termal

Tabel 2.2. MMCs secara umum

<i>Fiber</i>	<i>Matrix</i>	<i>Fiber Content (vol%)</i>	<i>Density (g/cm³)</i>	<i>Longitudinal Tensile Modulus (GPa)</i>	<i>Longitudinal Tensile Strength (MPa)</i>
Carbon	6061 Al	41	2.44	320	620
Boron	6061 Al	48	—	207	1515
SiC	6061 Al	50	2.93	230	1480
Alumina	380.0 Al	24	—	120	340
Carbon	AZ31 Mg	38	1.83	300	510
Borsic	Ti	45	3.68	220	1270



2.7.1. Aluminum – Metal Matrik Composites / A-MMC

Salah satu jenis komposit matrik logam yang banyak dikembangkan industri otomotif adalah komposit yang matriknya berupa logam (MMC/*metal matrix composite*) yaitu komposit bermatrik aluminium (AMC/*aluminum matrix composite*). Matrik yang digunakan dalam A-MMC dapat berupa Al murni dan atau paduan Al seperti Al-Si, Al-Cu, sedangkan penguat yang umum digunakan adalah SiC atau Al₂O₃. Pemakaian bahan aluminium dan atau paduannya sebagai matrik karena memiliki sifat sangat menarik yaitu densitas rendah, memiliki kemampuan untuk dikuatkan dengan pengendapan presipitat, ketahanan korosi sangat baik, konduktivitas panas dan listrik tinggi dan *damping capacity* tinggi. A-MMCs dapat menghasilkan karakteristik mekanik yang bervariasi tergantung dari jenis paduannya.

2.8. Aplikasi Aluminium Komposit Untuk Keperluan Dekoratif

Anodizing banyak digunakan pada peralatan sehari-hari. Pada umumnya dilakukan untuk tujuan dekoratif selain untuk melindungi logam dari degradasi. Berikut adalah contoh gambar-gambar peralatan yang dianodisasi.



Gambar 2.7. Aplikasi anodisasi untuk memperindah tampilan

2.9. Alat Uji Micro Tri Gloss Meter Model 68-15-05



Gambar 2.8. Alat uji micro tri gloss meter model 68-15-05

2.9.1. Pengertian Gloss Meter

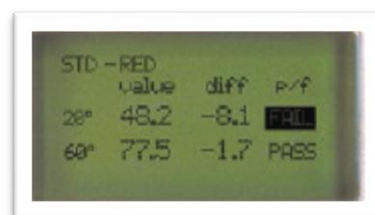
Alat pengujian tingkat kilap Mikro Tri gloss mampu mengukur dari tinggi ,menengah hingga rendah menggabungkan 3 sudut sekaligus yaitu sudut 20° ,

60°, 85°. Memiliki tiga geometri dalam satu unit memungkinkan untuk uji standarisasi produk sesuai dengan standar internasional dan dengan cepat mengenali variasi kualitas.



Gambar 2.9. Geometri sudut pada alat mikro gloss meter

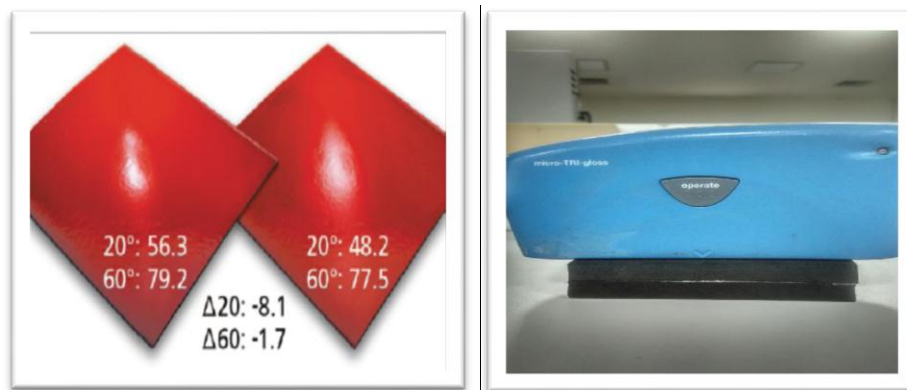
Semua sudut yang dipilih mengukur di lokasi yang sama dan hasil ditampilkan langsung termasuk statistik, selisih serta layak atau tidaknya produk tersebut dalam standarisasi. Mikro-tri-gloss memiliki semua fungsi dari gloss meter, generasi baru mudah di pakai mikro tri gloss menguji instrumen dengan presisi yang sangat baik dan obyektif mengontrol produksi. Mikro tri gloss versi baru meningkatkan kinerja untuk sudut 60 ° gloss meter. Gloss meter dikatakan mempunyai tingkat kilap rendah atau kritis Kisaran (0-10 GU). Tingkat akurasi ini dapat dijamin karena prosedur kalibrasi dipatenkan sesuai standarisasi produksi glossmeter.



Gambar 2.10. Sistem kerja alat sesuai standarisasi gloss meter

2.9.2. Aplikasi Pengujian


Dalam dunia perindustrian standart produk harus di utamakan karena kualitas inilah yang menjadi patokan apakah produk layak bersaing dalam dunia perdagangan .Bagaimana alat micro tri gloss meter ini mampu menguji standarisasi produk dari berbagai macam jenis bahan seperti kulit,plastik,kertas, pengecatan dan sebagainya.



Gambar 2.11. Contoh pengujian alat micro tri gloss meter

2.9.3. Spesifikasi Alat Uji Tingkat Kilap

Table 2.3. Spesifikasi alat uji kilap micro tri gloss meter model 68-15-05

Long-term calibration	with automatic check of the calibration standard
Autorange	0-2000 GU (20°) 0-1000 GU (60°) 0-160 GU (85°)
Measuring time	0.5 seconds / geometry
Statistics	number of readings per sample are selectable from 2 to 99
Difference and Pass/Fail	memory for 50 standards with limits
Continuous	actual value, average, min., max.
Display in 3 columns selectable	actual value, average, std. dev., min., max., range, difference, pass/fail
micro-TRI-gloss	simultaneous display 2 or 3 geometries
Memory	999 readings with date and time, with recall function
Interface and Software	USB and Bluetooth easy-link (included) 
Menu guidance switchable	English, French, German, Italian, Japanese, Polish, Portuguese, Russian, Spanish
Auto shut-off time	selectable 10 – 99 seconds
Power supply	one 1.5V AA Alkaline Battery 10,000 readings or via USB-port
Operating temperature	15 – 40 °C (60 – 104 °F)
Relative humidity	up to 85 %, non-condensing

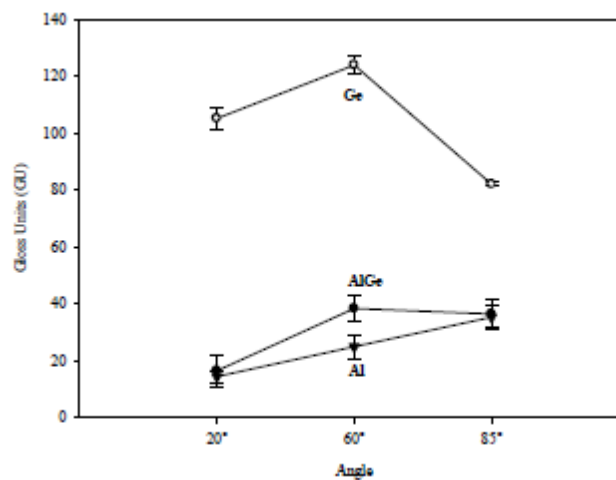
Seperti alat pengujian pada umumnya micro tri gloss meter ini mempunyai standart uji seperti alat pengujian lainnya . Adapun standart dari alat uji micro tri gloss tersebut tertera pada table sebagai berikut.

Table 2.4. Standart dari alat pengujian

Standards	
ASTM	C 346, D 2457, D 3679
JIS	Z8741
TAPPI	T480

2.10 .Kilap Lapisan

Parameter gloss film diukur dengan glossmeter (MG268-F2, KSJ, Cina) menurut D523 norma ASTM (1999) dan metode yang dijelaskan oleh Villalobos dkk. (2005). Film dipotong (75 mm x 25 mm) dan ditempatkan ke standar kaca hitam (Nomor seri F21010611) dan membaca langsung pada permukaan film pada sudut kejadian yang berbeda (20 °, 60 ° dan 85 °). Hasil dinyatakan sebagai unit gloss GU) mengacu pada standar kaca hitam dengan nilai sekitar 100 unit gloss. Hasil gloss tergantung pada pencahayaan sudut datang, yang telah diamati media yang nilai-nilai gloss secara efektif dievaluasi pada 45°, sedangkan nilai gloss yang lebih rendah yang dinilai lebih baik bila menggunakan nilai sudut yang lebih tinggi (*J.S. Alvarado-González.dkk,2012*).



Gambar 4.12. Parameter gloss unit aloe vera