

**KAJIAN KESAN ADID TERHADAP BAHAN LOGAM-KES PLAT ALUMINIUM**

By

**Darul Shafek Yusof**

Thesis submitted to

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

To fulfill the requirement of graduation

**BACHELOR DEGREE IN CIVIL ENGINEERING**

School of Civil Engineering,  
Universiti Sains Malaysia

April 2005

## ABSTRAK

Pencemaran udara yang semakin meningkat di negara ini mengakibatkan kesan yang pelbagai keatas setiap objek di muka bumi, bukan sahaja ke atas hidupan malah ke atas bangunan. Oleh yang demikian bandar yang pesat membangun seperti Seberang Perai merupakan salah satu lokasi yang pelbagai aktiviti yang menyumbang kearah pencemaran. Tidak dapat dinafikan pelbagai aktiviti yang berlaku dalam urbanisasi suatu bandar bukan sahaja manusia malah ia urbanisasi ini melibatkan hidupan persekitaran lain. Pelbagai jenis hidupan akan bertambah mendiami kawasan urbanisasi sama ada secara semulajadi dan bukan semula jadi. Tetapi aktiviti manusia mengakibatkan pencemaran dan semua hidupan terpaksa menerima akibat yang sama contohnya hujan asid. Kajian ini dijalankan ke atas plat logam aluminuim untuk mengetahui kesannya oleh pH hujan asid. Aluminium merupakan logam nipis yang terhakis dengan kadar yang rendah berbanding logam-logam lain apabila terdedah . Melalui keputusan ini juga kesannya terhadap hidupan lain dapat disedari. Sekiranya aluminium terhakis apabila terdedah kepada hujan asid apatah lagi hidupan lain yang terdiri daripada sel-sel hidup. Perubahan kimia berlaku dengan cepat berbanding perubahan fizikal. Pendedahan keputusan kajian ini kepada pihak berkuasa akan lebih mendorong mereka bertindak mengawal kualiti alam sekitar.

## ABSTRACT

The increase of air pollution in urban area in Malaysia gives many effects to all objects and lives. So, Seberang Prai is the best location to study in air pollution because in that location the urbanization process so fast. Many activities in Seberang Prai that give negative effect to the air. The urbanization process involving and effecting to another species and environment. Every species will go to the urban areas to survive because there are many resource for survive their live. But the activities from human make the environment become pollute and effecting the acid rain. Acid rain has a variety of effects, including damage to forests and soils, fish and other living things, materials, and human health. In this study, the main focus is effects of acid from the acid rain to the aluminum plate. As we know the aluminum is most thin metal but the corrosion attack is lower than other metals exposed. Also from the result we can know the effect to other living cells if the corrosion happened to the aluminum. Chemical reaction process is faster than physical process due to time. Government should take some possible steps to control the air quality when they exposed about the results.

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

Aktiviti manusia yang pelbagai di kawasan yang membangun akan menghasilkan kandungan bahan pencemar yang pelbagai seperti pengoperasian kilang dan kenderaan bermotor. Oleh yang demikian kawasan tersebut terdedah kepada pelbagai masalah yang disebabkan oleh bahan pencemar. Bahan pencemar dibawa oleh angin dan ia terserak ke mana sahaja. Maka ia akan memberi kesan ke atas setiap benda yang ada dikawasan bandar tersebut.

Hujan asid yang terjadi pada masa kini merupakan salah satu kesan daripada bahan pencemar tersebut apabila bertindak balas. Hujan asid akan memberikan kesan yang pelbagai sama ada manusia, hutan, hidupan laut, tanah dan bangunan. Selain itu hujan asid yang turun akan mengkaburi pemandangan mata kita dan sukar melihat objek jauh.

Biasanya cara yang mudah untuk mengenal keasidan di suatu kawasan tersebut ialah dengan berpandukan bangunan di sekitarnya. Ini kerana bangunan mudah terdedah kepada agen-agen biologi, kimia dan fizikal yang boleh mempengaruhi kekukuhan dan bentuk bangunan tersebut untuk jangka masa panjang. Bangunan yang berhampiran dengan jalan jauh lebih pudar jika dibandingkan dengan bangunan yang berada lebih jauh. Pendedahan tersebut merupakan contoh mudah bagaimana bahan-bahan pencemar bertindak balas secara langsung. Dalam kajian ini aluminium nipis digunakan sebagai bahan ujikaji. Aluminium jenis ini biasanya digunakan sebagai bumbung yang mana lebih terdedah dengan hujan asid. Disebabkan saiznya yang nipis juga memudahkan agen pengaratan bertindak balas.

## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERATUR**

Telah kita ketahui bahawa bahan pencemar yang terhasil daripada pembakaran bahan bakar fosil mempunyai kesan serius terhadap logam bahan binaan. Antara akibat yang berlaku terhadap logam tersebut ialah kekurangan kekuatan mekanikal dan kegagalan sebagai lapisan pelindung untuk sepanjang hayat binaan tersebut. Kajian menunjukkan bahan pencemar sulfur mempengaruhi impak yang besar dalam ekonomi. Kos yang tinggi diperlukan untuk memulihkan keadaan logam yang telah karat oleh agen sulfur.

Terdapat parameter-parameter yang saling berperanan untuk proses pengamatan logam di atmosfera antaranya ialah kimia, biologi dan fizikal. Faktor fizikal mudah dikenal pasti melalui mata kasar manakala biologi dan kimia mengambil masa untuk menjalankan kajian. Namun apa yang pasti bahan pencemar yang bertindak balas dengan bahan logam akan meninggalkan kesan yang buruk.

#### **2.1 Faktor-faktor Persekitaran**

Bahan pencemar utama yang mengakibatkan pengamatan logam berpunca daripada gas sulfur dan nitrogen. Namun terdapat juga agen-agen sekunder lain yang mempengaruhi tindak balas ini. Atmosfera merupakan ruang yang mengandungi pelbagai gas, partikel dan sebagainya yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar. Oleh itu di ruang atmosfera terdapat banyak agen yang mempengaruhi pengamatan logam.

Terdapat 2 cara bahan pencemar tersebar dari ruang atmosfera bertindak balas dengan logam iaitu secara langsung dan sebaliknya. Partikel-partikel dan gas-gas yang dilepaskan merupakan contoh secara langsung dimana ia terus bertindak balas dengan permukaan logam. Manakala hujan yang mengandungi asid merupakan cara ia bertindak balas bukan secara langsung. (Tidbland. J & Kucera. V)

### **2.1.1 Iklim**

Keadaan iklim yang berubah-ubah dari siang ke malam, hujan dan panas sebenarnya mempengaruhi proses pengurangan. Keadaan hujan dan lembap merupakan proses permulaan pengurangan logam. Contohnya hujan yang turun renyai membasahi permukaan logam dan apabila bertindak balas dengan oksigen pengurangan akan berlaku. Keadaan cuaca panas memudahkan angin membawa gas-gas seperti sulfur dan nitrogen termasuk partikel-partikel yang mempercepatkan lagi proses pengurangan logam yang lembap tadi.

Pengurangan ialah satu proses elektrokimia yang mana hanya berlaku apabila lembap. Daripada kajian didapati bahawa permukaan yang sedikit lembap sudah cukup untuk berlakunya proses pengurangan asalkan cuaca panas adalah berikutnya. Suhu persekitaran yang rendah lebih mempercepatkan lagi proses pengurangan berbanding suhu tinggi. ( Tidbland. J & Kucera.V )

### **2.1.2 Gas-gas Pencemar**

Diammosfera kita terdapat pelbagai jenis gas antaranya  $O_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $COS$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_3$ ,  $NH$ ,  $Cl_2$  dan sebagainya. Gas-gas yang terdapat di atmosfera merupakan unsur penting berlakunya proses pengaratan. Unsur-unsur ini bertindak balas secara kimia dengan permukaan logam. Namun fokus utama bahagian ini hanya kepada  $SO_2$ ,  $NO_2$  dan  $HNO_3$  kerana gas-gas pencemar ini biasa terdapat di persekitaran kawasan yang membangun. Pada masa kini penghasilan asid karboksilik meningkat disebabkan bahan pembakar yang mengandungi unsure etanol dan methanol. Sebenarnya asid formik merupakan aisd kuat yang berpotensi mengakibatkan kesan yang tinggi pada permukaan logam. ( Tidbland.J & Kucera.V )

### **2.1.3 Sulfur Oksida ( $SO_2$ ).**

Sejak kurun ke-19 sulfur dioksida menjadi kajian bagi proses pengaratan logam. Fungsinya yang utama sebagai agen pengaratan mendapat perhatian setiap pengkaji makmal untuk mengetahui kesannya terhadap bahan logam.

Ia dibebaskan oleh bahan api yang mengandungi sulfur terbakar dan mengakibatkan kesan kepada semua hidupan dan objek tidak kira secara langsung atau pun tidak. Saban hari aktiviti harian kilang-kilang dan kenderaan bermotor melepaskan gas sulfur dioksida.

Sulfur dioksida yang larut akan membentuk sebatian sulfit dan sulfat apabila teroksidasi. Sulfat yang terhasil inilah dikatakan pengarat. Had pelepasan gas sulfur dioksida di Malaysia telah ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar ialah tidak melebihi 0.04 ppm. (JAS, 1998)

#### **2.1.4 Nitrogen Oksida (NO<sub>2</sub>)**

Nitrogen oksida yang larut dalam wap air akan membentuk asid nitrik (HNO<sub>3</sub>) dan oksida nitrik. Nitrogen dioksida mengakibatkan kesan yang sama seperti sulfur dioksida iaitu mengakibatkan pengarat pada logam dan mempengaruhi permukaan bangunan, arca dan monumen.

Nitrogen oksida yang terjadi ketika panas pembakaran akan bertindak balas dengan oksigen yang terdapat di udara memberikan berbagai ancaman bahaya. Manakala nitrogen dioksida yang bertindak balas dengan hidrokarbon dengan bantuan cahaya matahari akan menghasilkan asap fotokimia yang mana asap ini mengakibatkan gangguan jarak penglihatan. Pembentukan asid nitrik (HNO<sub>3</sub>) dan asid nitrus akan menghasilkan hujan asid. Asid nitrik terjadi apabila nitrogen dioksida bertindak balas dengan wap air dan berkumpul sebagai awan. Nitrik asid dikatakan agen pencemaran kedua yang terbentuk hasil pengoksidaan nitrogen dioksida.

Sumber utama penghasilan nitrogen oksida ialah daripada pembakaran minyak kenderaan dan loji janakuasa ([http://members.fortunecity.com/prias\\_98/](http://members.fortunecity.com/prias_98/)). Perkilangan mengeluarkan nitrogen oksida yang sedikit jika dibandingkan dengan kenderaan. Daripada ujikaji didapati bahawa oksida nitrogen yang dilepaskan daripada asap kenderaan adalah 20 kali ganda lebih tinggi daripada sumber-sumber lain. Jabatan Alam Sekitar telah menetapkan had pelepasan nitrogen oksida iaitu tidak lebih 0.17 ppm. Had ini perlu dipatuhi oleh setiap pengusaha minyak kenderaan supaya kualiti alam sekitar dapat dikekalkan. Kebanyakan bandar-bandar yang membangun di Malaysia didapati melepaskan nitrogen oksida sebanyak 0.02 ppm secara purata. ( JAS, 1998)

### **2.1.5 Zarah**

Partikel ini sering dikatakan sebagai asap atau jelaga yang mana sesetengahnya kita boleh lihat dengan mata. Sebahagian besar partikel ini akan terbentuk dengan bahan pencemar lain termasuk sulfur dioksida dan nitrogen dioksida. partikel yang dibawa angin akan melekat pada permukaan logam dan bangunan lalu memudarkan warna bangunan dan menyebabkan hakisan dan pengaratan apabila hadirnya wap air. Jadi partikel juga merupakan agen yang membawa gas-gas pencemar.

Partikel boleh dikategorikan kepada dua iaitu partikel kasar dan partikel halus. Partikel kasar mempunyai hayat yang pendek dan hanya tersebar di sekeliling

sumbernya. Ia terbentuk secara langsung semasa pembakaran. Manakala partikel halus mudah tersebar dimerata tempat dan berada diruang udara dalam jangka masa yang panjang disebabkan saiznya yang lebih kecil daripada 2  $\mu\text{m}$ . partikel halus inilah yang membawa sekali gas-gas pencemar. Oleh yang demikian partikel halus ini perlu dikawal kerana ia bukan sahaja memberi kesan keatas binaan dan logam malah mengganggu kesihatan manusia. Partikel kurang mendatangkan kesan pengaratan berbanding gas-gas pencemar lain.

Asid sulfurik yang turun dalam hujan boleh dineutralkan dengan pembentukan ammonia daripada ammonium sulfat yang dibawa oleh partikel. Begitu juga dengan ammonium nitrat yang terhasil dari peneutralan asid nitrik. Apabila air disejat ke atmosfera ia akan membebaskan gas ammonia yang mana boleh meningkatkan kadar pengaratan.

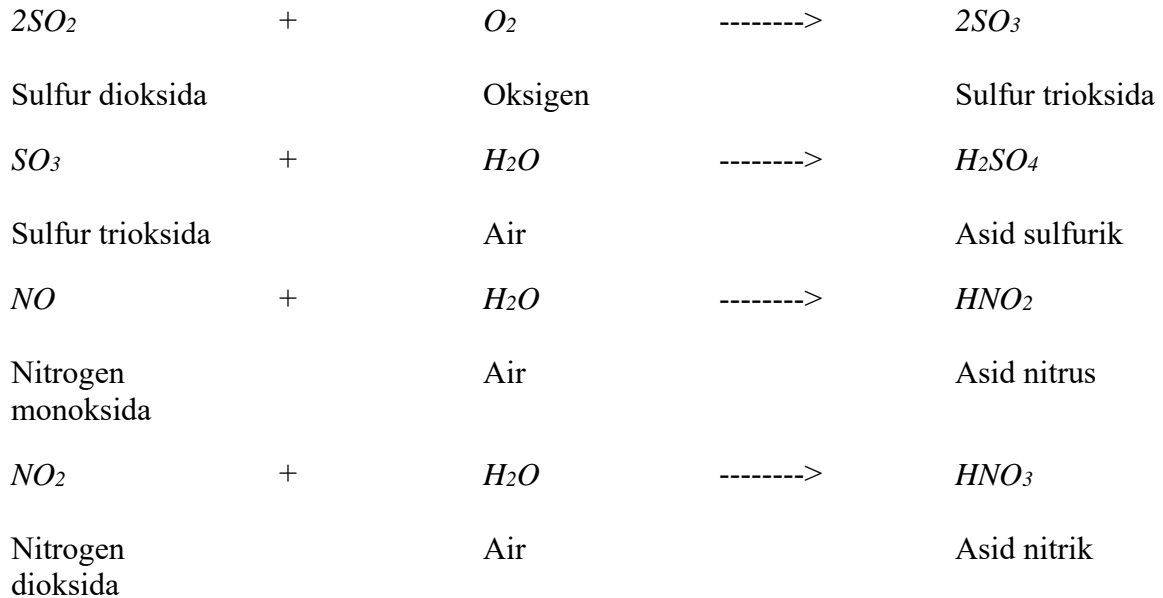
Kadangkala partikel juga boleh mengurangkan kadar pengaratan sekiranya mengeringkan lapisan air yang ada pada permukaan logam dan bangunan.

( Tidbland. J & Kucera.V )

### **2.1.6 Hujan asid**

Hujan asid merupakan isu yang telah lama dibimbangi kerana kesannya yang teruk akibat daripada pencemaran udara. Hujan asid terbentuk daripada gas-gas berasid seperti sulfur dioksida dan nitrogen dioksida yang dihasilkan oleh kilang-kilang dan kenderaan-kenderaan. Bahan-bahan pencemar ini bertindak balas

dengan wap air dan oksigen untuk membentuk asid. Antara tindak balas agen pencemar yang berlaku di udara adalah seperti berikut :



Berasid bermaksud hujan tersebut mempunyai nilai pH yang rendah daripada pH 5.6. Kebiasaannya hujan mempunyai pH 6 yang mana hampir neutral dan tidak mendatangkan kesan yang buruk terhadap persekitaran. Walaupun ia sebenarnya asid kerana terdapatnya karbon dioksida diruang udara.

( [http://www.necc.mass.edu/MRVIS/MR1\\_6.html](http://www.necc.mass.edu/MRVIS/MR1_6.html) )

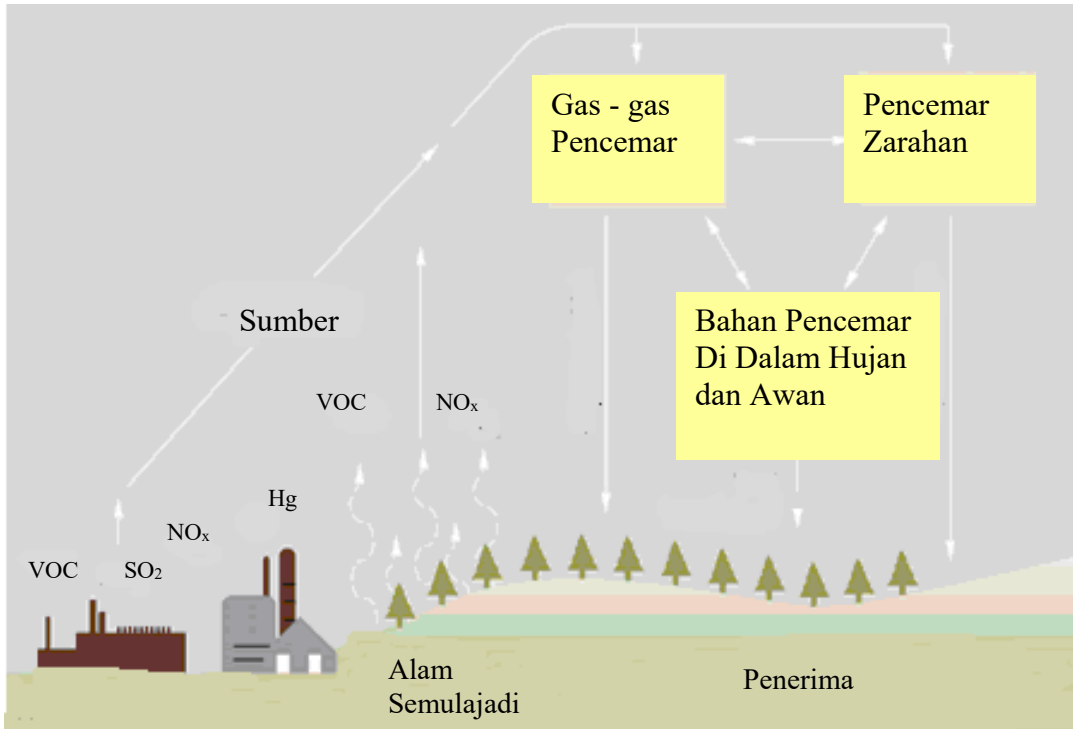
Hujan asid bukan sahaja menyebabkan pengaratan dan hakisan malah ia mengganggu hidupan akuatik, hutan dan sebagainya. Apabila ia larut lesap dalam tanah, pH sumber air yang sedia ada terganggu tambahan pula ia membawa logam

toksik seperti merkuri dan aluminium. Logam toksik akan meninggalkan banyak kesan keatas keseimbangan ekosistem yang sedia ada.

#### **2.1.6.1 Punca-punca Hujan Asid**

Banyak sumber yang menghasilkan gas yang mengakibatkan hujan asid. Namun berikut merupakan sumber-sumber utama penyumbang gas-gas pencemar.

1. Aktiviti perindustrian dan pembakaran bahan api kenderaan yang menjanakan karbon dioksida, karbon monoksida, nitrogen dioksida dan sulfur dioksida.
2. Kitaran semulajadi nitrogen iaitu melalui proses pengikatan nitrogen dari atmosfera oleh bakteria, penurunan sebatian nitrogen kepada ammonia secara biologi atau penghurai nitrat sebatian kepada gas nitrogen dan oksia nitrogen.
3. Gas klorin yang terhasil daripada aktiviti perindustrian. Gas ini amat mudah terlarut dalam air hujan dan wap kemudian terbentuk klorida. Kawasan yang mempunyai kandungan klorida yang tinggi adalah disekitar kawasan laut.



**Rajah 2.0** Pelepasan bahan pencemar yang mengakibatkan hujan asid.

( <http://www.epa.gov/airmarkets/acidrain/index.html> )

## **2.2 Kesan Pencemaran Terhadap Bahan-bahan Logam**

Penggunaan bahan logam sebagai bahan binaan pada masa kini semakin meluas. Contohnya gudang yang dibina daripada bahan keluli. Ini kerana kosnya yang rendah dan mudah di pasang merupakan faktor pemilihannya. Selain itu besi tuang juga digunakan sebagai pintu pagar yang mana ia terdedah kepada persekitaran. Zink dan aluminium biasanya digunakan sebagai bumbung bangunan. Secara ringkasnya setiap bangunan menggunakan logam sebagai salah satu struktur binaan. Logam yang terdedah dengan oksigen dan wap air, lazimnya akan membentuk oksida logam yang berketebalan 1-5 nm.

### **2.2.1 Besi Ferum**

Pengaratan yang berlaku bagi besi ini agak tinggi iaitu lebih kurang 20 – 60 mm selepas satu tahun pendedahan di luar kawasan laut. Pengaratan yang tinggi bergantung kepada keamatan  $\text{SO}_2$  di sekitar kawasan. Besi ferum biasa digunakan sebagai tiang dan rasuk bangunan. Namun pengaratan ini mampu mengganggu kestabilan tiang apabila ia terdedah untuk jangka masa yang panjang.

### **2.2.2 Zink dan Keluli Galvani**

Pengaratan yang berlaku adalah lebih kurang 1- 4  $\mu\text{m}$  selepas satu tahun pendedahan di luar kawasan laut. Nilai ini adalah rendah jika dibandingkan dengan besi ferum. Zink merupakan logam yang direka bentuk khas yang mana ikatan karbonat yang kuat untuk mengurangkan

pengaratan berlaku. Di kawasan membangun zink hidroksisulfat digunakan kerana ketahanannya yang tinggi terhadap pendedahan nitrogen dioksida dan sulfur dioksida. Kehilangan berat zink yang terdedah kepada persekitaran boleh ditentukan melalui formula berikut:

$$ML = 1.4 [SO_2]^{0.22} e^{0.018Rh} e^{f(T)} t^{0.85} + 0.029Rain [H^+] t$$

Yang mana ML merupakan berat ( $g/m^2$ ) yang hilang,  $[SO_2]$  merupakan keamatan  $SO_2$  dalam  $\mu g/m^3$ , Rh sebagai kelembapan kelembapan relatif dalam %,  $f(T)$  ialah faktor suhu ( $^{\circ}C$ ) yang mana  $0.062 (T-10)$  bagi T lebih kecil dari pada  $10^{\circ}C$  dan  $-0.021 (T-10)$  bagi T lebih besar daripada  $10^{\circ}C$ , t merupakan masa dalam tahun, Rain merupakan amaun hujan dalam mm/tahun dan  $[H^+]$  keamatan ion hidrogen dalam hujan dalam mg/l. ( Tidbland.J & Kucera.V )

### 2.2.3 Kuprum dan gangsa

Hakisan dan pengaratan dalam kuprum adalah kompleks. Pengaratan yang berlaku terhadap kuprum merupakan pengaratan campuran yang mana kuprum oksida ( $Cu_2O$ ) dan sulfur oksida apabila bertindak balas mengakibatkan terbentuknya anthelrite dan brochantite. Selain daripada sulfur oksida,  $O_3$  juga merupakan bahan pencemar penting yang mengakibatkan pengaratan dan hakisan. Pengaratan yang berlaku terhadap kuprum dan gangsa setelah 1 tahun lebih kurang sama iaitu 1 hingga 2 mm. (Tidbland.J & Kucera.V)

#### **2.2.4 Aluminium**

Kadar pengaratian yang berlaku terhadap aluminium lebih rendah sekiranya dibandingkan dengan bahan logam lain. Pengaratian aluminium hanya berlaku sebanyak 0.1 hingga 0.2  $\mu\text{m}$  selepas setahun terdedah dikawasan terbuka. Perlindungan oleh selaput di permukaan aluminium aluminium menyebabkan kadar penghakisannya rendah. Kemudiannya, apabila apabila bertindak balas dengan udara ia menjadi campuran lain seperti aluminium oksida terhidrat, hidroksida dan sulfat. Selain daripada sulfur dioksida, aluminium juga amat sensitif terhadap klorida yang mana kadar tindak balas lebih tinggi berbanding sulfur. (Tidbland.J & Kucera.V)

## **BAB 3**

### **KAEDAH**

Terdapat beberapa kaedah yang boleh dilakukan untuk mengetahui kesan asid terhadap bahan-bahan logam. Kesan yang biasa berlaku keatas bahan logam ialah penghakisan dan pengaratan. Penghakisan dan pengaratan berlaku kepada setiap logam yang terdedah kepada persekitaran. Seperti aluminium ia tidak mudah berkarat tetapi boleh terhakis. Projek ini bertujuan mengkaji tahap kehakisan oleh asid sulfurik ke atas logam aluminium. Oleh itu jisim merupakan parameter utama untuk mengetahui tahap hakisan yang berlaku dalam kajian ini.

Secara sistematiknya setiap langkah kajian perlu dinyatakan agar ia lebih mudah dilakukan untuk mengelakkan sebarang ralat keputusan. Cara yang sistematik akan memudahkan kajian dilakukan dari satu langkah ke satu langkah dalam jangka masa yang terbaik.

### **3.1 Perolehan Data Hujan Tahunan**

Seberang Prai merupakan sebuah kawasan pembangunan yang mengandungi pelbagai bahan pencemar udara terutamanya sulfur dioksida dan nitrogen dioksida. Oleh itu pH hujan bagi kawasan Seberang Prai lebih berasid disebabkan pengaruh bahan-bahan pencemar keatas alam sekitar. Nilai pH hujan seperti jadual Jadual 3.1.1 diperolehi

melalui Jabatan Kaji Cuaca Seberang Prai. Setiap bulan taburan hujan yang diperolehi direkodkan untuk dipantau dan dikaji oleh pihak berkenaan.

Selain melalui Jabatan Kaji Cuaca, perolehan data hujan boleh diperolehi melalui kaedah lapangan yang mana maklumat taburan hujan perlu dilakukan sendiri dengan menggunakan tolok hujan. Nilai pH untuk setiap air hujan yang tekumpul bolehlah ditentukan secara manual menggunakan pH meter di makmal. Kaedah ini memerlukan masa yang lebih panjang kerana pengumpulan data hujan bermula dari peringkat awal. Selain itu, data taburan hujan yang banyak perlu diperolehi untuk menganalisis keadaan air hujan. Kekerapan hujan juga mempengaruhi proses pengumpulan data bagi kaedah manual ini. Namun ia lebih efektif dan keputusan yang diperolehi menunjukkan keadaan semasa hujan dikawasan tersebut.

Data-data dibawah merupakan nilai pH bagi setiap bulan bermula dari tahun 1996 hingga 2000. Berdasarkan data-data berikut, pH 3.8 hingga pH 4.6 merupakan nilai purata tahunan yang digunakan dalam ujikaji. Nilai-nilai pH ini kemudiannya diaplikasikan ke dalam eksperimen yang akan dijalankan melalui rendaman plat di dalam asid.

**Jadual 3.1** Purata hujan tahunan Seberang Prai ( Jabatan Kaji Cuaca)

<b>Year</b>	<b>Jan</b>	<b>Feb</b>	<b>Mac</b>	<b>Apr</b>	<b>May</b>	<b>June</b>	<b>Jul</b>	<b>Aug</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Annual</b>
<b>1996</b>	4.60	4.93	4.59	4.31	4.42	4.47	4.36	4.60	4.66	4.84	4.76	4.92	4.60
<b>1997</b>	4.61	4.91	4.46	4.71	4.65	4.72	4.63	4.21	4.28	4.53	4.14	4.19	4.36
<b>1998</b>	4.47	4.70	4.16	4.36	4.33	4.48	4.96	4.73	4.68	4.67	4.95	4.47	4.61
<b>1999</b>	4.61	4.76	4.40	4.78	4.72	4.94	4.82	4.77	4.95	4.99	4.74	4.54	4.77
<b>2000</b>	4.85	4.71	4.32	4.63	4.50	4.41	4.69	4.56	4.26	4.28	4.63	4.54	4.47

### **3.2 Penyediaan Sampel Dan Asid**

Setelah pH air hujan ditentukan maka langkah seterusnya ialah menyediakan sampel logam dan asid untuk melakukan eksperimen. Langkah ini melibatkan penyediaan radas yang diperlukan untuk ujikaji. Ia merupakan proses awalan sebelum menjalankan eksperimen. Dalam kajian ini hanya logam aluminium dan asid sulfurik digunakan untuk mengetahui kehakisan yang berlaku.

Penyediaan sampel perlu dilakukan dengan teliti agar sampel yang dipilih dapat menunjukkan kesan positif semasa ujikaji dijalankan agar objektif tercapai. Penyediaan sampel bergantung kepada radas dan teknologi yang sedia ada di dalam makmal untuk mengurangkan kos perbelanjaan. Logam aluminium dijadikan sampel kerana ia mudah diperolehi dan mudah dipotong kepada kepingan kecil. Aluminium juga mengalami pengaratan walaupun pengaratan yang berlaku amat rendah jika dibandingkan dengan logam-logam lain seperti zink, besi, keluli, kuprum dan gangsa. Pengaratan pada

aluminium hanya sebanyak 0.1 hingga 0.2  $\mu\text{m}$  selepas setahun terdedah dengan bahan pencemar ( Air Pollution Damage To Metals, *Tidbland.J and Kucera.V* ). Sekiranya pengaratan boleh berlaku kepada aluminium maka permukaannya juga boleh terhakis disebabkan terdedah kepada hujan asid.

Asid sulfurik dan yang terkandung dalam hujan asid merupakan agen penghakis kepada bahan logam yang terdedah. Tambahan pula sekiranya amaun hujan asid yang turun adalah tinggi. Maka proses penghakisan akan cepat berlaku disebabkan kandungan yang tinggi kedua-dua asid tersebut didalam setiap titisan hujan. Kajian ini hanya melibatkan kesan yang terjadi disebabkan asid sulfurik. Asid sulfurik yang terbentuk daripada sulfur dioksida lebih cenderung menghakis bahan logam dan keluli jika dibandingkan dengan asid nitrik..

### **3.3 Eksperimen**

Selesai penyediaan sampel dan asid, langkah seterusnya ialah melakukan eksperimen terhadap aluminium dengan menggunakan asid sulfurik. Ia dilakukan dengan rendaman kepingan aluminium kedalam asid sulfurik. Eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui tahap kehakisan pH asid sulfurik yang diaplikasikan daripada hujan asid. Berikut merupakan keterangan terperinci eksperimen yang dilakukan.

### **3.3.1 Radas dan bahan-bahan**

- I. 63 ceper Petri
- I. 63 plat aluminium bersaiz 25mm x 45 mm
- II. Asid sulfurik (  $H_2SO_4$  ) cair
- III. Bikar 1 liter
- IV. pH meter
- V. alat penimbang

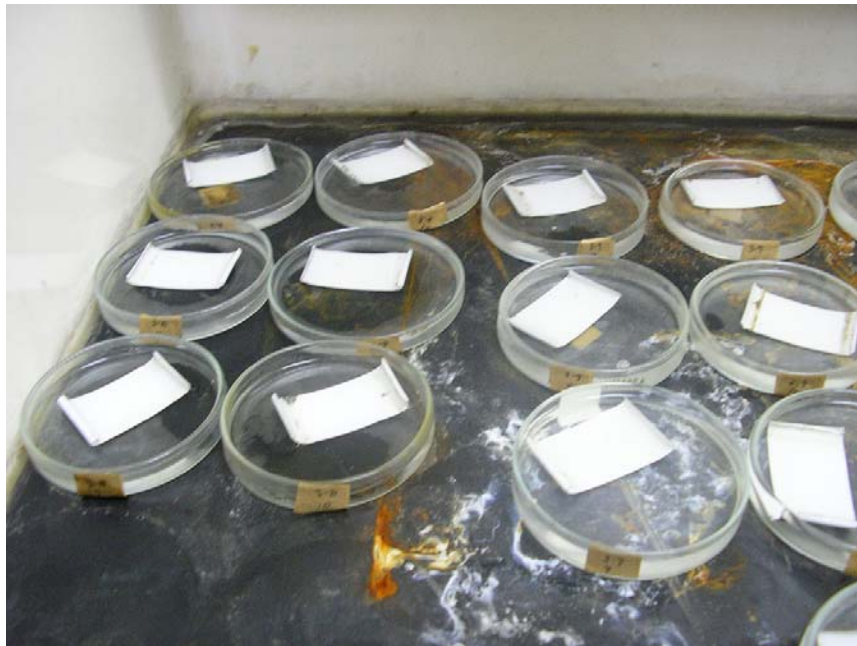
### **3.3.2 Prosedur ujikaji**

- 1) Asid sulfurik cair dititiskan kedalam 750ml air suling supaya membentuk larutan asid pH 3.8 yang diukur meggunakan pH meter.
- 2) Setiap ceper petri kosong ditimbang dan bacaannya dicatatkan. Berat ceper petri kosong diwakili sebagai  $W_0$ .
- 3) Kemudian kepingan plat aluminium diambil untuk dimasukkan kedalam setiap ceper petri dan ditimbang sebagai  $W_1$ . Sebanyak 14 ceper petri digunakan yang mana setiap ceper untuk setiap plat aluminium. Dengan ini berat plat aluminium,  $W_a$  boleh ditentukan.

- 4) Ceper-ceper tersebut dilabelkan dari 1 hingga 14. Perlabelan tersebut mewakili hari yang mana untuk ceper berlabel 1 merupakan hari pertama.
- 5) Larutan asid yang telah disediakan tadi kemudiannya dituang kedalam ceper petri yang mengandungi plat aluminium. Rendaman plat dilakukan bermula dari hari pertama sehingga hari ke 14. Bacaan diambil bagi setiap sela 24 jam.
- 6) Setelah 1 hari rendaman, ceper petri belabel 1 diambil dan dikeringkan untuk ditimbang. Beratnya diwakili sebagai  $W_2$ .
- 7) Kemudian perbezaan berat plat aluminium selepas rendaman,  $W_b$  ditentukan.
- 8) Langkah (6) berterusan untuk setiap ceper petri sehingga hari ke-14.
- 9) Langkah (2) hingga (8) perlu diulang bagi setiap larutan asid sulfurik untuk pH seterusnya iaitu pH 3.9, pH 4.0, pH 4.1, pH 4.2, pH 4.3, pH 4.4, pH 4.5 dan pH 4.6.



**Rajah 3.1** pH meter semasa menetapkan pH ujikaji



**Rajah 3.2** Rendaman plat didalam ceper petri



**Rajah 3.3** Rendaman plat perlu diletakkan khas

### 3.4 Peratus Kehilangan Berat

Setelah suatu sampel siap dijalankan, maka peratus berat setiap plat aluminium yang hilang akibat terakis boleh ditentukan melalui formula seperti dibawah.

*Berat plat aluminium sebelum rendaman,  $W_a = W_1 - W_o$*

*Berat plat aluminium selepas rendaman,  $W_b = W_2 - W_o$*

*Peratus kehilangan berat,  $\%W_L = \frac{W_a - W_b}{W_b} \times 100$*