

ANALISIS KAKISAN AIR PADA LOGAM DALAM SISTEM ALIRAN DANDANG

Noor Azlan Bin Ngasman, Azlan Shah Bin Kamarudin, Rosmawati Bte Jalal

Politeknik Merlimau Melaka, Malaysia

P.O Box 1031, 77300 Merlimau, Melaka, Malaysia.

Phone/Fax : 06-2636687 / 2636678

Email: noorazlan@pmm.edu.my, azlan_shah@pmm.edu.my, rosmawati@pmm.edu.my

Kajian ini adalah untuk menganalisis kepentingan perawatan air dalam penyelenggaraan dandang. Analisis dilakukan terhadap sampel air yang mengalir dalam sistem aliran air dandang meliputi sampel air dari air bekalan, tangki simpanan air, tangki pelembut, tangki air suapan dan air cuci alir. Tujuan kajian ini adalah untuk mengenalpasti perubahan kadar kakisan yang berlaku diantara bahagian-bahagian di atas dan sebab ia berlaku. Perubahan yang berlaku bagi setiap sampel air dapat diujikaji menggunakan prinsip elektrokimia menggunakan peralatan *Corrosion Cell Kit* (CCK). Bagi tujuan rujukan, logam yang digunakan bagi ujian elektrokimia ini ialah logam keluli lembut. Dalam masa yang sama ujian pH dan ujian kekeruhan dilakukan bagi mengenalpasti keadaan air yang melalui sistem aliran dandang. Hasil dari kajian ini, kakisan didapati berlaku dalam sistem aliran air dandang dan nilai kadar kakisan bagi setiap bahagian dalam sistem aliran air dandang adalah berbeza. Bahagian yang mempunyai kadar kakisan yang tertinggi adalah daripada tangki suapan dengan nilai 13.274 mpy. Manakala yang terendah adalah pada air dari tangki pelembut dengan nilai 3.803 mpy. Melalui kajian ini dapat mengenalpasti kesan kakisan terhadap dandang dan pentingnya perlaksanaan perawatan air terhadap penyelenggaraan sebuah dandang.

Kata kunci: kakisan, kekeruhan, pH

1. Pendahuluan

Kakisan merupakan sesuatu yang kompleks dan sukar difahami dan kajian ke atasnya akan terus dijalankan sehingga ke akan datang. Pelbagai teori telah pun tercipta dan sebahagiannya sahaja telah dijalankan.

Dalam sesebuah logi, kakisan boleh menyebabkan berbagai masalah yang memerlukan penyelenggaraan yang rapi. Pengoperasian dandang memerlukan sistem penyelenggaraan yang lengkap bagi mengekalkan kecekapan dan prestasi untuk penjana stim. Pelbagai masalah akan dihadapi dalam pengoperasian dandang jika kandungan air tidak diberikan perawatan air yang lengkap. Ini kerana air sebelum dirawat mengandungi banyak bendasing seperti garam, kalsium, magnesium, silika, silikat dan gas-gas terlarut seperti oksigen dan karbon dioksida. Faktor-faktor ini menyebabkan berlakunya kakisan dalam dandang.

Pada sistem aliran dandang kakisan atau kekaratan boleh mendatangkan banyak masalah kepada komponen-komponen utamanya. Kakisan bukan sahaja mengurangkan jangka

hayat sesebuah komponen dalam sistem dandang malah menyebabkan peningkatan kepada pembaikpulihan dan pengantian komponen dandang yang rosak akibat daripada masalah kakisan dan ini melibatkan kos yang tinggi. Diantara masalah-masalah yang disebabkan oleh kekaratan ialah kebocoran tiub dandang, retakan pada permukaan dandang, kegagalan pengoperasian sistem dandang atau letupan pengandung ('drum') jika kekaratan dandang tidak di atasi dengan lebih awal. Masalah ini mengganggu pengoperasian sistem dandang dalam aliran pengeluaran industri dan mendatangkan bahaya yang tidak terduga kepada orang yang berada di sekeliling.

Rawatan air yang rapi diperlukan sepanjang pengoperasian dandang kerana air mentah yang dibekalkan mengandungi bendasing. Bendasing ini perlu disingkirkan melalui rawatan air kerana ia boleh menyebabkan pelbagai masalah kepada pengoperasian dandang.

Analisis ini penting bagi membantu untuk mengetahui keadaan kakisan yang berlaku pada setiap aliran air pada setiap laluan dandang. Daripada analisis ini pasti analisis yang diperolehi dapat membantu kajian tentang

pemilihan bahan yang sesuai bagi sesebuah saluran yang disambungkan pada dandang serta kandungan logam yang digunakan dalam dandang supaya prestasinya menjadi lebih baik lebih baik dan tahan dari kakisan.

2. Kajian Literatur

Kakisan atau pun kekaratan merupakan keadaan bagi sesuatu logam yang mengalami kemerosotan, kehilangan rupabentuk asal atau pun kegagalan disebabkan oleh serangan kimia dan terdedah kepada persekitaran yang menghakis. Ia akan menyebabkan logam akan mengalami perubahan struktur dan rupa. Kebanyakan kakisan merujuk kepada serangan kimia yang biasanya berlaku disebabkan serangan elektrokimianya. Ini kerana logam mempunyai elektron bebas yang berupaya untuk membina sel elektrokimia di antara logam tersebut. Biasanya logam akan terhakis disebabkan oleh wujudnya unsur air dan atmosfera.

2.1 Kadar Kakisan

Kadar serangan kakisan boleh dianalisis secara kuantitatif. Ia boleh diungkap dalam berbagai-bagai cara antaranya seperti peratus kehilangan berat, milligram persentimeter persegi perhari (*mdd*), dan gram per inci persegi perjam. Ianya bukan menunjukkan rintangan kakisan terhadap penusukkan. Kadar penusukkan atau penipisan struktur kepingan boleh menerangkan hayat sesuatu bahan. Formula umum kadar kakisan secara kehilangan berat dinyatakan seperti di bawah.

$$\text{mpy} = \frac{534W}{DAT} \quad (1)$$

di mana,

W = kehilangan berat

D = ketumpatan spesimen

A = keluasan spesimen (cm^2)

T = masa pendedahan (jam)

Dalam menentukan kadar kakisan, terdapat berbagai kaedah yang boleh dilakukan. Bagi tujuan pemerhatian di dalam makmal, salah satu kaedah ujikaji yang dilakukan ialah kaedah Penentuluaran Tafel. Pengiraan kadar kakisan dari arus elektrik bagi tindak balas elektrokimia boleh ditulis sebagai

$$\text{mpy} = \frac{I_{\text{corr}} KEW}{dA} \quad (2)$$

di mana,

mpy = kadar kekaratan.

I_{corr} = arus elektrik dalam amp

EW = nilai jisim sampel dalam gram

d = ketumpatan dalam gram/cm^3

A = luas sampel dalam cm^2

K = pemalar bagi mentaksir unit bagi kadar kakisan seperti di dalam Jadual 2.1

Jadual 2.1: Pemalar bagi mentaksir unit bagi kadar kakisan

Unit Kakisan	K	Unit
mm/tahun	3272	mm/(amp cm tahun)
miliinci/tahun	1.288 x 105	miliinci/(ampcm tahun)

Dan kadar kekaratan juga boleh diperolehi dengan menggunakan perisian jenis **CMS100**.

3. Peralatan Dan Kaedah Kerja

Terdapat beberapa kaedah yang digunakan bagi melaksanakan projek ini. Antara kaedah-kaedah yang digunakan adalah seperti pemotongan sampel, ujian kekeruhan, ujian pH dan ujian kakisan.

3.1 Sampel Yang Digunakan

Sampel air bagi mendapatkan kakisan pada aliran air pada bahagian masukan hingga keluaran bagi sistem aliran dandang meliputi sampel air dari:

- Air Bekalan
- Tangki Simpanan Air
- Tangki Pelembut
- Air Selepas Rawatan Air
- Air Cuci Alir

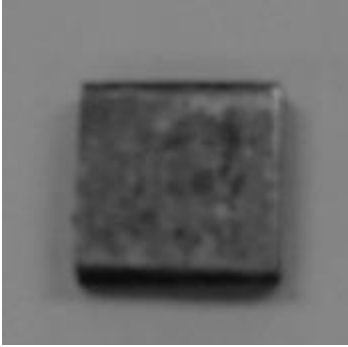
Bagi sampel logam yang dijadikan sebagai logam rujukan dalam mentafsir kadar kakisan bagi setiap sampel air di atas adalah dengan menggunakan logam keluli lembut (*mild steel*).

3.2 Pemotongan Sampel

Sebanyak 10 sampel keluli lembut (*mill steel*) yang diperlukan dalam melaksanakan analisis elektrokimia ini. Keluli Lembut tersebut dipotong kepada dimensi-dimensi seperti berikut:

Panjang	= 10 mm
Lebar	= 10 mm
Tebal	= 4 mm

Sampel ini kemudiannya dikikir dengan kikir kasar dan halus bagi membuang sisa-sisa atau lebihan tajam yang terjadi akibat daripada pemotongan tersebut. Proses ini hendaklah dijalankan dengan teliti supaya tiada benda tajam yang terhasil.



Gambar 3.1: Sampel logam keluli lembut yang telah dipotong.

Permukaan sampel kemudian dilicinkan dengan menggunakan pengilap bagi menghilangkan kotoran yang melekat pada permukaan logam tersebut

3.3 Ujian Kekeruhan

Ujian dijalankan dengan menggunakan alat penguji kekeruhan. Bacaan bagi unit kekeruhan adalah dalam NTU (*nephelometric turbidity units*). Ia dijalankan dengan memasukkan sampel air ke dalam botol kecil. Kemudian botol kecil yang mengandungi air sampel ini akan dibersihkan sebelum dianalisa oleh alat pengukur kekeruhan ini yang mudah alih dan pengiraan dijalankan secara elektronik. Alat pengukur kekeruhan ini dapat membaca membuat bacaan dari 0.0 hingga 1000.0 NTU.

3.4 Ujian Keasidan dan kealkalian

Ujian ini adalah untuk mengukur tahap keasidan dan kealkalian sesuatu cecair. Cecair yang diuji adalah sampel air yang di ambil dari aliran air dandang. Tahap keasidan diukur dalam unit pH. Ia dijalankan dengan memasukkan sampel air dari aliran air dandang ke dalam bikar bersaiz 100 ml dan kemudian dengan menggunakan alat penguji ini keasidan air tersebut ditafsir. Ujian ini memakan masa lebih kurang 8 minit untuk mendapatkan nilai pH bagi sesuatu cecair iaitu dalam julat 0.00 hingga 14.00 pH. Mesin ini juga dapat mengira bacaan suhu bagi sesuatu cecair sehingga 100 C. Mesin mempunyai kejituan bacaan sehingga dua titik perpuluhan.

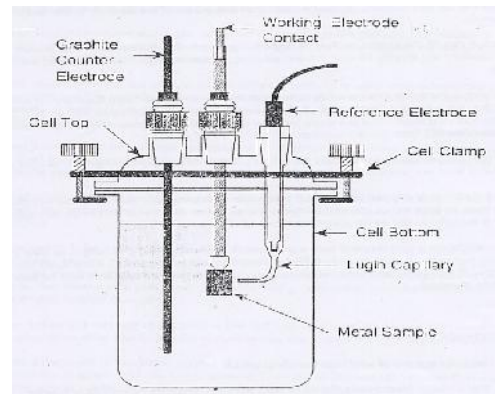
3.5 Ujian Kadar Kekaratatan

Dalam menentukan kadar kakisan dengan menggunakan seunit Gamry ini, terdapat beberapa kaedah yang boleh dilakukan. Bagi tujuan projek ini, kaedah ujikaji yang dilakukan ialah kaedah Penentuluaran Tafel. Ujikaji ini dilakukan dengan menggunakan perisian jenis CMS100.

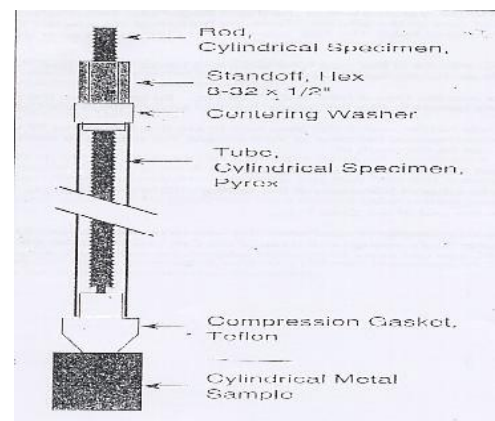
Didalam CMS100, penentuan kadar kakisan yang dinyatakan dalam unit mils pertahun (mpy) dengan menggunakan pelbagai kaedah ujikaji dan di antaranya dengan penentuluaran Tafel. Selain dari itu graf bagi arus melawan voltan (I vs V) juga dapat diplotkan.

3.6 Pemasangan Peralatan Elektrokimia

Penyediaan spesimen amat penting dalam kaedah pengukuran kadar kakisan secara elektrokimia. Sebelum ujikaji dilakukan radas-radas yang diperlukan perlu disediakan. Radas harus dipasang dengan betul dan pemeriksaan pemasangan hendaklah dilakukan. Pemegang spesimen terdiri dari satu logam konduktor elektrik iaitu rod kuprum. Rod kuprum ini akan disambungkan kepada spesimen



Rajah 3.2: Pemasangan alatan bagi set elektrokimia *Corrosion Cell Kit (CCK)*.



Rajah 3.3: Kaedah memasang spesimen pada rod silinder spesimen.

4. Keputusan Analisis

Dalam melaksanakan kajian ini beberapa ujikaji yang telah dijalankan di antaranya ialah ujian keasidan dan kealkalian, ujian kekeruhan, ujian kakisan dan kajian mikrostruktur. Ujian dijalankan ke atas lima sampel air yang diambil dari sistem aliran air dandang dan kesannya ke atas logam rujukan iaitu keluli lembut.

4.1 Ujian Kekaratatan

Sebelum ujian dijalankan purata jisim spesimen diambil bagi mendapatkan nilai ketumpatan iaitu jisim dibahagi isipadu. Data ini diperlukan bagi membuat pengiraan kadar kakisan dalam perisian CMS 100. Nilai purata jisim purata bagi setiap spesimen adalah ± 4 g dan purata ketumpatan yang diperolehi adalah $\pm 7 \text{ g/cm}^3$. Setelah kedua-dua data tersebut diperolehi ia kemudian dimasukkan ke dalam perisian CMS 100 bagi setiap ujian sampel air pada aliran air dandang. Tempoh bagi setiap ujikaji ini bagi setiap sampel adalah 300 saat. Nilai kadar kakisan ini dikira dalam unit *mils per tahun (mpy)*. Berikut merupakan nilai kadar kakisan pada lima bahagian dalam aliran air dandang.

Jadual 4.1: Keputusan ujian kakisan bagi lima sampel air dalam sistem aliran air dandang

Sampel Air	Kadar Kekaratatan (mpy)
Air Bekalan	10.952
Tangki air simpanan	5.632
Tangki pelembut Air	3.803
Tangki Suapan	13.274
Air cuci alir	9.048

4.2 Ujian Kekeruhan

Ujian kekeruhan dilakukan bagi mengetahui tahap kekeruhan pada setiap sampel air yang diambil pada sistem aliran air dandang. Dengan ini dapatlah ditahkik keadaan air samada ia mempunyai pengaruh dari kekotoran atau pun bendaasing. Tahap kekeruhan bukan berdasarkan dari kepekatan warna tetapi ia berdasarkan dari bendasing yang terdapat di dalamnya. Unit bagi kekeruhan adalah dalam NTU (*nephelometric turbidity units*). Di sebelah merupakan keputusan ujian kekeruhan yang berlaku pada sampel air pada bahagian aliran air dandang.

Jadual 4.2 Keputusan ujian kekeruhan bagi lima sampel air dalam sistem aliran air dandang

Sampel Air	Kekeruhan (NTU)
Air Bekalan	5.83
Tangki air simpanan	5.83
Tangki pelembut Air	2.9
Tangki Suapan	4.45
Air cuci alir	12.5

4.3 Ujian keasidan dan kealkalian

Ujian keasidan dan kealkalian dijalankan bagi mengetahui tahap pH bagi setiap sampel air dalam aliran air dandang. Kehadiran asid di dalam sistem dandang boleh mempercepatkan kadar kakisan terhadap komponennya. Di bawah merupakan tahap pH bagi setiap sampel air sebelum dilakukan ujian kekaratan pada aliran air dandang.

Jadual 4.3 Keputusan ujian keasidan dan kealkalian bagi lima sampel air dalam sistem aliran air dandang

Sampel Air	Suhu (°C)	Nilai Keasidan & Kealkalian (pH)
Air Bekalan	28.8	7.66
Tangki air simpanan	29.5	8.20
Tangki pelembut Air	28.3	8.38
Tangki Suapan	28.3	7.80
Air cuci alir	62.0	7.65

5. Perbincangan

Daripada keputusan ujikaji kakisan yang dilakukan terhadap logam *keluli lembut* sebagai logam rujukan bagi mendapatkan nilai kadar kakisan bagi setiap sampel air yang diambil dalam sistem aliran air dandang iaitu dari air bekalan, air tangki simpanan, air tangki pelembut, air tangki suapan dan air cuci alir dapat ditunjukkan aliran perbezaan kadar kakisan pada rajah di sebelah.

Daripada Jadual 4.1 dapat ditunjukkan bahawa terdapatnya perbezaan kadar kekaratatan bagi setiap sampel air dari sistem aliran air dandang. Nilai tertinggi bagi kadar kakisan adalah pada air dari tangki suapan iaitu air yang akan digunakan oleh dandang iaitu bernilai 13.274 mpy. Nilai kadar kakisan terendah adalah dari air dari tangki pelembut iaitu 3.803 mpy. Manakala nilai kadar kakisan bagi air dari bekalan Syarikat Air Johor (SAJ), pada tangki simpanan dan air selepas cuci alir (air yang buang dari dandang) masing-masing adalah

bernilai 10.952 mpy, 5.632 mpy dan 9.048 mpy. Ini menunjukkan bahawa kadar kakisan dari yang memasuki sistem aliran air dandang dari air bekalan hingga kepada tangki pelembut adalah menurun dan kemudian meningkat kembali pada tangki suapan dan kadar kakisan turun kembali selepas ianya digunakan oleh dandang.

Berdasarkan penggunaan peralatan yang digunakan dalam penyelenggaraan dandang fungsi pada tangki pelembut (*softener*) adalah berfungsi mengeluarkan kalsium dan magnesium yang terdapat pada air sebelum dicampurkan dengan bahan kimia pada tangki suapan. Maka dengan ini nilai kadar kekaratan bagi air pada tangki pelembut adalah rendah dari sebelumnya.

Pada tangki suapan telah menunjukkan nilai kadar kekaratan yang tinggi di mana ianya lebih tinggi berbanding dengan sumber air dari sistem aliran dandang yang lain dimana pada tangki ini bahan kimia yang dikenali sebagai *Oxytreat 220* dicampurkan mengikut sukatan. *Oxytreat 220* adalah bahan kimia yang berwarna perang gelap dan mempunyai nilai pH yang bersifat asid iaitu 4.5 pH dan mempunyai nilai graviti tentu 1.1.

Manakala nilai bagi kadar kakisan pada air bekalan dan tangki simpanan mempunyai perbezaan walaupun sumber air adalah sama dan tidak dikenakan sebarang perawatan adalah disebabkan tangki simpanan adalah tempat di mana sebarang kotoran atau benda asing yang terdapat di mana pada tangki ini pemendakan berlaku dan mendakan ini akan dikeluarkan oleh operator dandang sebelum dandang dihidupkan.

Peningkatan kadar kakisan boleh dikaitkan dengan kandungan asid yang terdapat pada sesuatu sumber air. Pada Jadual 4.3 menunjukkan aliran pH pada setiap sampel air dalam sistem aliran air dandang.

Berdasarkan Jadual 4.2 bagi ujian kekeruhan yang dilakukan menunjukkan kekeruhan yang berlaku pada sistem aliran air dandang pada air bekalan adalah bernilai 5.83 NTU dan nilai ini menurun pada bahagian tangki simpan setelah kotoran dikeluarkan dari sini. Kemudian kandungan kalsium dan magnesium dikeluarkan melalui tangki pelembut dan ini sekaligus menurunkan lagi nilai kekeruhan.

Pada tangki suapan, air tersebut dicampur dengan bahan kimia (*Oxyterat 220*) dan kekeruhan yang telah dapat diuji adalah bernilai 4.5 NTU iaitu nilainya lebih tinggi dari air dari tangki pelembut. Walaubagaimana pun

nilai ini adalah kurang daripada nilai kekeruhan pada air tangki simpan dan air bekalan. Seterusnya nilai kekeruhan ini meningkat mendadak pada kadar yang tinggi iaitu 125NTU.

Ini menunjukkan mendakan pada dandang telah dikeluarkan dengan tindak balas bahan yang dicampurkan tangki suapan. Dari ujian ini didapati bahawa tiada bahan asing telah dicampurkan selain dari tangki suapan dan sumber air yang dibekalkan oleh air bekalan kerajaan adalah dari sumber yang bersih dan ianya kemudian melalui proses pengurangan nilai kalsium dan magnesium yang boleh menyebabkan dandang mudah terbentuk mendakan.

6. Kesimpulan

Tujuan kajian ini adalah mengenalpasti kakisan yang berlaku pada sistem aliran air pada dandang iaitu daripada bahagian masukan air hingga ke bahagian keluaran. dan membandingkan kadar kakisan pada setiap sampel air. Melalui keputusan yang diperolehi didapati akan kakisan pada setiap sampel dan menunjukkan akan adanya berlaku kakisan dalam sistem aliran air dandang

Dari kadar kekaratan yang diukur melalui sistem aliran air dandang didapati berbeza antara satu sama lain. Ini disebabkan fungsi beberapa komponen yang telah dipasang untuk memberikan kawalan kepada dandang. Dalam kajian ini didapati nilai kadar kekaratan pada bahagian tangki suapan didapati meningkat disebabkan oleh bahan kimia yang dicampurkan mempunyai nilai pH yang rendah. Pertambahan bahan kimia ini adalah untuk meleraikan kerak yang berlaku di dalam dandang. Maka dengan cara ini dapat mengelakkan dandang dari kerosakkan.

Didapati juga bahawa dengan kehadiran nilai pH yang rendah memberikan potensi kepada peningkatan kadar kekaratan. Begitu juga dengan nilai kekeruhan yang tinggi menunjukkan dandang adalah terhindar dari pembentukan kerak (*scale*).

Melalui kajian ini dapat kesan kakisan terhadap dandang dan pentingnya perlaksanaan perawatan air terhadap penyelenggaraan sebuah dandang.

7. Rujukan

- [1] Mars. G Fortana, Corrosion Engineering, 3th McGraw-Hill series in Mareial Science and Engineering 1986.

- [2] Denny A Jones, Principle And Prevention Of Corrosion, 2th Prentice Hall, Upper Daddle River, 1996.
- [3] Michael R. Schock, Chemist, Internal Corrosion and Deposition Control, Chapter 17, Water Quality & treatment A Handbook of Community Water Supplies, 5th, American Water Works Association, 1999
- [4] V.S Sastri, Corrosion Inhibitors Principle and Applications, John Wiley & Son 1998
- [5] Jamaludin Ahmad 1996, Corrosion Properties Of Austenetic Stainless Steel Type 18/8 (AISI301), Universiti Teknologi Malaysia
- [6] Chong Hon Boon 2001, Kajian mengenai masalah dan kawalan kekaratan dalam dandang, Kolej Teknologi Tun Hussein Onn
- [7] Goh Kuo An, 1996, Corrosion Properties of Metal Matrix Composites, Universiti Teknologi Malaysia