

**PENYINGKIRAN PEPEJAL TERAMPAI, KEKERUHAN, ALUMINIUM, PH
DAN WARNA MENGGUNAKAN SISTEM PENGAPUNGAN UDARA
TERLARUT.**

Oleh

MOHD AFIZUL B MD DAROM

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam

Universiti Sains Malaysia

Mei 2006

PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya ingin memanjatkan kesyukuran ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya saya dapat menyiapkan kajian serta disertasi projek tahun akhir ini. Di sini saya ingin merakam setinggi-tinggi penghargaan yang tidak terhingga kepada Prof. Madya Dr. Ir. Haji Mohd Nordin Adlan selaku penyelia projek tahun akhir atas segala bimbingan, nasihat, teguran, tunjuk ajar dan bantuan beliau sepanjang saya menjalankan kajian ini. Ucapan penghargaan ini juga ditujukan Saudara Mohd Fared B Murshed yang banyak memberikan tunjuk ajar dilapangan serta melancarkan pergerakan kajian projek tahun akhir ini. Seterusnya, penghargaan dan jutaan terima kasih diucapkan kepada semua kakitangan Makmal Persekitaran, Kampus Kejuruteraan, Universiti Sains Malaysia serta kakitangan Loji Air Jalan Baru, Kuala Kurau kerana telah memberi ruang untuk menjalankan kajian dan memberikan sedikit sebanyak maklumat yang diperlukan semasa kajian ini dijalankan. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga ditujukan kepada ayahanda dan bonda yang telah memberi sokongan dan dorongan sejak kajian ini bermula. Tidak lupa rakan-rakan seperjuangan yang turut membantu dalam penyiapan disertasi ini. Akhir kata, seribu penghargaan ditujukan sekali lagi kepada semua yang telah terlibat sama ada secara langsung atau pun tidak dalam menjayakan kajian ini. Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Proses pengapungan udara terlarut merupakan proses pengasingan pepejal-cecair yang digunakan di dalam proses rawatan air dan merupakan kaedah alternatif kepada proses pemendapan. Kajian yang telah dilakukan bertujuan untuk mengkaji prestasi sistem pengapungan udara terlarut dalam aspek keberkesanannya menyingkirkan beberapa parameter kualiti fizikal dan kualiti kimia yang dipilih iaitu kandungan pepejal terampai, kekeruhan, baki aluminium, pH dan warna. Prestasi proses olahan pada parameter tersebut dikenalpasti melalui ujian kualiti air pada effluent loji pandu tersebut dan membandingkannya dengan kualiti air mentah, piawaian Kementerian Kesihatan (MOH) dan Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO). Hasil kajian mendapati proses ini berjaya menyingkirkan kandungan pepejal terampai dari 91.67 hingga 98.59 peratus, kekeruhan dari 67.11 hingga 95.67 peratus dan warna dari 91.67 hingga 98.00 peratus. Bagi nilai pH air olahan pula, tiada piawaian ditetapkan oleh Kementerian Kesihatan tetapi nilai yang diambil adalah sebagai rujukkan panduan untuk digunakan pada peringkat seterusnya pada proses olahan air. Kajian terhadap kandungan baki Aluminium pada air olahan mendapati kandungan aluminium pada air olahan adalah lebih tinggi daripada kandungan aluminium pada sumber air mentah. Pertambahan nilai kandungan aluminium dalam air olahan ini adalah disebabkan oleh masalah penambahan dos aluminium sulfat yang berlebih semasa proses pembauran

ABSTRACT

Dissolved air floatation (DAF) is a process of solid-liquid separation used in the water treatment process. This method is the alternative method to sedimentation process in conventional system. The objectives of this study are to identify the efficiency of dissolved air floatation process in solid-liquid separation in removing selected water quality parameter such as suspended solid (SS), turbidity, residual aluminium, pH and color. The efficiency of this process is to be determined by checking the quality of the selected parameter in the effluent of the pilot plant using DAF. The values of the result are compared to the raw water quality and the National Standard of Drinking Safety by Ministry of Health (MOH) and World Health Organization (WHO). Generally, from this study the efficiency of the DAF system at the pilot plant indicate the removal of suspended solid is 91.67 to 98.59 percent, turbidity removal is 67.11 to 95.67 percent and color removal is 91.67 to 98.00 percent. There are no standardisation for the value of floatation pH but it will be used as the guidance for the next stage of water treatment. In this study, the value of the residual aluminium in the DAF effluent is larger than the aluminium content in raw water. The residual aluminium increase because of the problem in the aluminium sulphate dosing in the coagulation process.

KANDUNGAN

	MUKA SURAT
PENGHARGAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KANDUNGAN	iv
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI LAMPIRAN	xii
BAB 1	Pengenalan
1.1	PERNYATAAN MASALAH 1
1.2	OBJEKTIF KAJIAN 2
1.3	SKOP KAJIAN 3
BAB 2	SOROTAN LITERATUR
2.1	Pengenalan 4
2.2	KUALITI AIR 4
2.2.1	Ciri-ciri fizikal air 5
2.2.1.1	Suhu 5
2.2.1.2	Kekeruhan 5
2.2.1.3	Warna 6
2.2.1.4	Bau dan rasa 6
2.2.1.5	Pepejal 6

2.2.2	Ciri-ciri kimia air	7
2.2.2.1	pH	8
2.2.2.2	Keperluan Oksigen Biokimia	8
2.2.2.3	Oksigen terlarut	8
2.2.2.4	Keliatan	9
2.2.2.5	Logam	10
2.2.2.6	Bukan logam	11
2.2.3	Ciri-ciri biologi	12
2.3	PROSES OLAHAN AIR	17
2.3.1	Proses olahan air konvensional.	17
2.3.2	Proses olahan air pengapungan udara terlarut	18
2.3.2.1	Pengenalan	18
2.3.2.2	Sejarah pengapungan udara terlarut	20
2.3.2.3	Mekanisma pengapungan udara terlarut.	20
2.3.2.4	Aplikasi pengapungan udara terlarut	20
2.3.2.5	Kelebihan pengapungan udara terlarut.	22
BAB 3	METODOLOGI KAJIAN	
3.1	PENGENALAN	23
3.2	LOKASI KAJIAN	27
3.3	ATURCARA UTAMA	29
3.3.1	Pencampuran bahan kimia	29
3.3.1.1	Penentuan Dos Alum Melalui Ujian Balang.	17
3.3.2	Proses olahan air di loji pandu	31

3.3.2.1	Pengambilan air mentah	31
3.3.2.2.	Pembauran	31
3.3.2.3	Pemberbukuan	32
3.3.2.4	Pengapungan udara terlarut.	33
3.3.2.5	Tangki Air Bersih.	34
3.3.3	Persampelan	36
3.3.4	Analisis makmal	43
3.3.4.1	Ujian Kandungan Pepejal Terampai	43
3.3.4.2	Ujian pengukuran kekeruhan	44
3.3.4.3	Ujian penentuan baki Aluminium	45
3.3.4.4	Ujian Penyukatan pH	46
3.3.4.5	Ujikaji Pengukuran Warna	47
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Pengenalan	48
4.2	Keputusan Ujikaji	50
4.2.1	Pepejal terampai	50
4.2.2	Kekeruhan.	55
4.2.3	Baki Aluminium.	62
4.2.5	pH air olahan	67
4.2.5	Warna	72

BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1	KESIMPULAN	75
5.2	CADANGAN	77
	RUJUKAN	78
	LAMPIRAN	

SENARAI RAJAH

MUKA SURAT

Rajah 2.1 : Proses rawatan air yang tipikal (www.saj.com.my,2005)	17
Rajah 2.2 : Lapisan enap cemar di loji pandu.	21
Rajah 2.3 : Lapisan enap cemar di loji sebenar di Loji Rawatan Air Sungai Lebam,Johor.	21
Rajah 2.4 : Kadar halaju apungan gelembung udara berbanding saiz gelembung udara (Sumber: Gregory <i>et al</i> , 1990)	22
Rajah 3.1 : Carta alir metodologi kajian	26
Rajah 3.2 : Loji Air Jalan Baru, Kuala Kurau, Perak Darul Ridzuan.	27
Rajah 3.3 : Loji pandu Jalan Baru, Kuala Kurau, Perak Darul Ridzuan	28
Rajah 3.4 : Ujian Balang	30
Rajah 3.5 : Terusan air	31
Rajah 3.6 : Tangki pembauran	32
Rajah 3.7 : Tangki pemberbukuan.	33
Rajah 3.8 : Tangki pengapungan udara terlarut	34
Rajah 3.9 : Nozzle	34
Rajah 3.10 : Proses olahan air di loji pandu	35
Rajah 3.11 : Label botol persampelan.	36
Rajah 3.12 : Botol persampelan.	37
Rajah 3.13 : Alat Hach DR/2000 (Direct Reading Spectrophotometer)	43
Rajah 3.14 : Alat 2100 PTurbidimeter	44
Rajah 3.15 : Alat Hach DR/2000 (Direct Reading Spectrophotometer)	45

Rajah 3.16 : pH meter	46
Rajah 3.17 : Lovibond day light 2000 unit	47
Rajah 3.18 : Plat piawai pengukuran warna.	47
Rajah 4.1 : Graf data kandungan pepejal terampai air olahan berbanding air mentah mengikut hari persampelan	54
Rajah 4.2 : Graf lakaran kekotak(<i>boxplot</i>) bagi data kandungan pepejal terampai mengikut hari persampelan.	55
Rajah 4.3 : Graf kekeruhan air olahan berbanding air mentah mengikut hari persampelan.	59
Rajah 4.4 : Graf lakaran kekotak (<i>boxplot</i>) bagi data data kekeruhan mengikut hari persampelan.	60
Rajah 4.5 : Graf data kandungan pepejal terampai air berbanding kekeruhan pada air olahan mengikut hari persampelan	61
Rajah 4.6 : Graf kandungan baki aluminium air olahan berbanding air mentah mengikut hari persampelan	65
Rajah 4.7 : Graf lakaran kekotak(<i>boxplot</i>) bagi data kandungan baki aluminium mengikut hari persampelan	66
Rajah 4.8 : Graf garis data pH air olahan berbanding air mentah bagi hari persampelan.	70
Rajah 4.9 : Graf lakaran kekotak (<i>boxplot</i>) bagi data pH air olahan mengikut hari persampelan	71
Rajah 4.10 : Graf pH berbanding kandungan baki aluminium pada air olahan mentah mengikut hari persampelan	72
Rajah 4.11 : Graf garis data warna air olahan berbanding air mentah bagi hari persampelan.	74

SENARAI JADUAL

MUKA SURAT

Jadual 2.1 : Piawai Kualiti Air Kebangsaan Interim (http://www.doe.gov.my/ ,2005)	13
Jadual 2.2 : Garis Panduan Kebangsaan Mutu Air Minuman	15
Jadual 2.3 : Loji rawatan air yang menggunakan sistem pengapungan udara terlarut. (Lin,2002)	18
Jadual 3.1 : Tarikh dan masa persampelan.	38
Jadual 3.2 : Masa pada setiap persampelan.	39
Jadual 4.1 : Tarikh dan masa persampelan.	49
Jadual 4.2 : Keputusan ujikaji kandungan pepejal terampai setiap sampel,S mengikut hari persampelan,P	51
Jadual 4.3 : Nilai-nilai purata, julat dan sisihan piawai bagi kandungan pepejal terampai pada setiap persampelan.	52
Jadual 4.4 : Nilai-nilai purata dan peratus perbezaan diantara air mentah dan air olahan bagi kandungan pepejal terampai pada setiap persampelan.	53
Jadual 4.5 : Keputusan ujikaji nilai kekeruhan setiap sampel,S mengikut hari persampelan,P	56
Jadual 4.6 : Nilai-nilai purata, julat dan sisihan piawai bagi nilai kekeruhan pada setiap hari persampelan.	57
Jadual 4.7 : Nilai-nilai purata dan peratus perbezaan diantara air mentah dan air olahan bagi nilai kekeruhan pada setiap persampelan.	58

Jadual 4.8 : Keputusan ujikaji kandungan baki Aluminium setiap sampel,S mengikut hari persampelan,P.	62
Jadual 4.9 : Nilai-nilai purata, julat dan sisihan piawai bagi kandungan baki Aluminium pada setiap persampelan.	63
Jadual 4.10 : Nilai-nilai purata dan peratus perbezaan diantara air mentah dan air olahan bagi kandungan baki Aluminium pada setiap persampelan.	64
Jadual 4.11 :Keputusan ujikaji pH air olahan setiap sampel,S mengikut hari persampelan,P	67
Jadual 4.12 :Nilai-nilai purata, julat dan sisihan piawai bagi nilai pH pada setiap persampelan	68
Jadual 4.13 :Nilai-nilai purata dan peratus perbezaan diantara air mentah dan air olahan bagi nilai pH pada setiap persampelan	69
Jadual 4.14 : Nilai-nilai purata dan peratus perbezaan diantara air mentah dan air olahan bagi data warna pada setiap persampelan.	73

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

BAB 1

PENGENALAN

1.1 PERNYATAAN MASALAH

Pada masa kini jarang sekali air yang dapat diminum tanpa melalui rawatan terlebih dahulu. Ini kerana kebanyakan sumber air telah dicemari oleh bahan–bahan tercemar yang menyebabkan air mentah tidak selamat diminum secara terus. Proses rawatan air menjadi sangat penting bagi menjamin kesihatan dan keselamatan orang ramai. Proses rawatan air bergantung kepada kualiti air mentah yang perlu dirawat, ia akan menjadi mudah sekiranya kualiti air mentah adalah baik dan begitu juga sebaliknya dimana proses ini mungkin menjadi sangat rumit sekiranya air mentah dicemari oleh bahan kimia dan juga bendasing yang lain.

Di Malaysia, loji rawatan air yang menggunakan sistem konvensional kerap digunakan. Proses ini melibatkan beberapa peringkat proses rawatan air seperti pengudaraan, pembauran, pemberbukuan, pengendapan, penapisan, pembasmian kuman dan penyesuaian pH sebelum diagihkan ke tangki–tangki utama untuk keperluan pengguna. Kualiti air bersih yang terhasil perlu memenuhi parameter - parameter yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia seperti yang terkandung dalam Garis Panduan Kebangsaan Mutu Air Minuman (National Standard Drinking Safety) dengan menjalani beberapa ujian makmal.

Dewasa ini terdapat pelbagai proses rawatan air telah diperkenalkan dan diantaranya ialah proses pengapungan udara terlarut. Proses ini telah banyak digunakan sejak 40

tahun lalu di Amerika Syarikat. Proses ini amat berkesan dalam menyingkirkan pepejal terampai (TSS), minyak dan gris (O&G) dan keperluan oksigen biokimia pada air dan air sisa. Proses pengapungan udara terlarut ini melibatkan pembentukan gelembung-gelembung udara yang bergaris pusat kecil dan larut di dalam air di dasar tangki. Gelembung-gelembung udara ini akan naik ke permukaan air bersama flok-flok yang terhasil membentuk kepingan enap cemar dipermukaan air. Dengan ini air yang bersih dan bebas daripada partikel-partikel asing akan terhasil di bawah lapisan enap cemar tersebut.

Dalam mengkaji keberkesanan dan kebolehan proses pengapungan udara terlarut dalam rawatan air minuman satu projek perintis pada skala pilot telah dibangunkan di Loji Rawatan Air Jalan Baru, Kuala Kurau Perak Darul Ridzuan. Kajian ini dilakukan dengan menggunakan influen air mentah dari sumber yang sama dengan loji sedia ada untuk dirawat dengan menggunakan kaedah pengapungan udara terlarut. Satu kajian dibuat bagi mengenalpasti prestasi rawatan dengan melakukan ujian kualiti air pada beberapa parameter sebelum dan selepas rawatan dengan menggunakan proses pengapungan udara terlarut.

1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Berdasarkan kepada pernyataan permasalahan yang telah dibincangkan di atas, kajian ini dilakukan bertujuan untuk :

1. Mengkaji prestasi sistem pengapungan udara terlarut dalam proses olahan air.
2. Membuat perbandingan kualiti diantara keberkesanan sistem pengapungan udara terlarut dengan nilai kualiti Garis Panduan Kebangsaan Kualiti Air Minuman.

1.3 SKOP KAJIAN

Kajian yang dilakukan pada umumnya lebih menumpukan kepada beberapa parameter kualiti fizikal dan kimia air yang terhasil selepas melalui proses rawatan air dengan cara proses pengapungan udara terlarut. Ini adalah untuk mengkaji prestasi dan keberkesanan proses ini dalam menyingkirkan beberapa parameter yang tidak dikehendaki. Parameter-parameter kualiti fizikal dan kimia yang dikaji dalam kajian ini ialah pepejal terampai, kekeruhan, baki aluminium, pH, dan warna.

BAB 2

SOROTAN LITERATUR

2.1 PENGENALAN

Sorotan literatur ini mengemukakan teori-teori dan pendapat yang telah dikemukakan oleh tokoh-tokoh dan pakar mengenai aspek-aspek yang terlibat dalam penyelidikan olahan air. Di antara perkara-perkara yang dibincangkan di dalam bab ini ialah aspek kualiti air dan sistem rawatan air melalui proses pengapungan udara terlarut.

2.2 KUALITI AIR

Air terbentuk daripada satu molekul yang terdiri daripada 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen dengan formula kimia H_2O dan mempunyai berat molekul sebanyak 18 gram (Aziz, 1999). Ia boleh wujud dalam bentuk cecair, gas dan pepejal. Air berada di mana-mana disekeliling kita dan ia meliputi 70% daripada permukaan bumi ini. Air boleh dibahagikan kepada 2 bahagian iaitu air tawar dan air masin. Daripada jumlah keseluruhan air, 97 % adalah air masin seperti air laut dan selebihnya adalah air tawar sebanyak 3%. Daripada 3% air tawar tersebut hanya lebih kurang 0.003% jumlah air yang boleh dimanfaatkan kegunaan seharian. Kualiti air sangat penting bagi memastikan kesinambungan kehidupan seperti manusia, haiwan dan tumbuhan di muka bumi kerana air merupakan punca kehidupan. Tanpa air sebarang bentuk hidupan di muka bumi ini akan mati.

2.2.1 Ciri-ciri fizikal air

Ciri-ciri fizikal air adalah ciri-ciri air yang dapat dirasai dengan deria rasa seperti sentuhan, bau dan penglihatan mata kasar. Terdapat beberapa ciri fizikal air seperti suhu, bau dan rasa, warna, kekeruhan dan kandungai pepejal.

2.2.1.1 Suhu

Suhu air adalah berbeza mengikut tempat dan iklim serta faktor-faktor persekitaran lain yang mempengaruhinya contohnya suhu air adalah berbeza di kawasan beriklim panas dan kawasan beriklim sejuk. Suhu air di kawasan beriklim panas semestinya lebih tinggi berbanding suhu air di kawasan beriklim sejuk. Suhu air boleh disukat menggunakan jangka suhu seperti termometer dan dicatatkan dalam unit Celsius, °C. Suhu air akan mempengaruhi beberapa faktor seperti ketumpatan air, kandungan oksigen terlarut, alkaliniti dan tindak balas kimia di dalamnya (Larson, 1971). Menurut Spellman dan Drinan, (2000) suhu air akan mempengaruhi kandungan oksigen terlarut di dalam air. Kandungan oksigen akan menjadi semakin rendah dengan kenaikan suhu air. Suhu air yang rendah mempunyai kandungan oksigen terlarut yang lebih tinggi daripada air yang bersuhu tinggi.

2.2.1.2 Kekeruhan

Kekeruhan adalah satu pengukuran nilai keupayaan air menyerakkan atau menyerap cahaya disebabkan oleh pepejal terampai yang terdapat dalam air. Kekeruhan pada kebiasaannya di sebabkan oleh kehadiran partikel-partikel asing seperti mineral

lempung, mikroorganisma, bahan organik yang sangat ringan dan tidak dapat mengendap dalam masa yang singkat (Cohen dan Hannah,1971). Kekeruhan diukur melalui kadar cahaya dipesong dan diserap oleh bahan terampai apabila satu sumber cahaya dipancar melalui gelas kaca tiub sampel. Unit NTU (Nephelometric Turbidity Unit) merupakan unit yang biasa digunakan. Mengikut Garis Panduan Kebangsaan Kualiti Air Minuman yang ditetapkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (MOH) dan Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) seperti di Jadual 2.2, nilai kekeruhan yang ditetapkan bagi air minuman ialah 5 NTU.

2.2.1.3 Warna

Warna merupakan elemen yang penting dalam kualiti fizikal air. Keadaan ini berlaku warna akan memberikan persepsi awal mengenai kualiti air terutamanya air yang digunakan untuk kegunaan seharian seperti makan dan minum. Sebagai contoh, air yang berwarna kuning atau kelabu akan menyebabkan manusia bimbang terhadap kualiti air tersebut dan air tersebut tidak akan digunakan untuk makan atau minum. Warna air yang bersih tidak berwarna, jernih dan telus cahaya apabila diletakkan di dalam gelas kaca. Sifat fizikal air seperti ini akan memberikan kepercayaan kepada manusia untuk menggunakannya. Warna air semulajadi yang tidak mengalami pencemaran boleh disebabkan oleh humus tanah, jenis tanah seperti tanah gambut dan juga kehadiran logam seperti ferum dan manganese (Cohen dan Hannah,1971). Warna air selalunya disebut dalam unit Hazen. Garis Panduan Kebangsaan Kualiti Air Minuman seperti di Jadual 2.2 menetapkan nilai warna yang dibenarkan oleh MOH dan WHO ialah 15 Hazen.

2.2.1.4 Bau dan rasa

Bau dan rasa air pada kebiasaannya disebabkan oleh banyak faktor. Kehadiran gas-gas yang terlarut di dalam air seperti hidrogen sulfida boleh menyebabkan air berbau kurang menyenangkan (Aziz,1999). Selain itu, air tulen juga boleh menjadi berbau sekiranya terdapat bahan-bahan organik yang larut di dalam air (Rosen dan Booth,1971). Rasa pada air pula disebabkan oleh bahan tak organik, kehadiran logam-logam larut dan kehadiran alga (Rosen dan Booth,1971). Air akan mempunyai rasa berlogam apabila logam seperti mangan dan ferum hadir di dalam air.

2.2.1.5 Pepejal

Menurut Hauser, (2002) pepejal dalam air boleh didapati dalam keadaan terampai dan dalam larutan. Ia boleh dibahagikan kepada dua bahagian iaitu jumlah pepejal larut (TDS) dan pepejal terampai (SS). Pepejal terampai disebabkan oleh kehadiran bahan tak organik dan bahan organik di dalam air. Pepejal terampai di dalam air terbahagi kepada 2 kategori iaitu boleh terenap dan tidak boleh terenap. Pepejal terlarut pula mewakili pepejal yang boleh larut di dalam air. Pepejal jumlah merupakan hasil tambah jumlah pepejal terlarut dan pepejal terampai, unit bagi kandungan pepejal terampai, pepejal terlarut dan jumlah pepejal ialah mg/L (Basri,1997).

2.2.2 Ciri-ciri kimia

Ciri-ciri kimia air tidak dapat dirasai melalui deria rasa manusia. Air mempunyai sifat-sifat kimia yang penting antaranya seperti pH, keliatan air, oksigen terlarut, nitrogen, bukan logam dan logam.

2.2.2.1 pH

Nilai pH merupakan sukatan bagi keasidan atau kealkalian air. Nilai pH yang neutral ialah 7, pH kurang daripada 7 adalah berasid dan lebih daripada 7 adalah beralkali (Aziz,1999). pH menunjukkan kepekatan ion hidrogen di dalam sesuatu cecair. pH air berasid mempunyai ion hidrogen positif (H^+) yang tinggi manakala pH air beralkali mempunyai ion hidroksil negatif (OH^-) yang tinggi (Larson,1971). Menurut Spellman dan Drinan, (2000) pH air yang rendah akan menyebabkan hakisan di dalam saluran paip, ini akan menyebabkan hakisan terhadap paip dan membebaskan ion logam seperti kuprum, plumbum, zink dan kadmium. Situasi ini akan menyebabkan keracunan dan risiko lain terhadap kesihatan manusia.

2.2.2.2 Keperluan Oksigen Biokimia (BOD)

Menurut Basri, (1997) BOD merupakan kuantiti oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisma dalam air untuk menguraikan bahan organik biorosot secara semulajadi. Ia menggunakan bakteria bagi mengoksidakan bahan-bahan organik yang biorosot dalam sampel air selama 5 hari pada suhu $20^{\circ}C$. Selepas 5 hari sebahagian besar daripada bahan organik telah direputkan untuk mengoksidakan bahan-bahan organik. BOD pada masa kini merupakan darjah penunjuk tahap pencemaran yang penting. Ia digunakan dalam pelbagai sektor bagi memastikan kualiti air disekitarnya tidak terjejas akibat aktiviti yang dilakukan seperti industri pembinaan dan perindustrian yang menggunakan bahan kimia berbahaya. Jadual 2.1 menunjukkan Piawaian Kualiti Air Kebangsaan Interim yang dikeluarkan oleh Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar di bawah Bahagian Alam Sekitar menetapkan nilai

keperluan oksigen biokimia (BOD) pada kelas IIA iaitu pada sumber air yang memerlukan rawatan biasa ialah 1-3 mg/L manakala bagi kelas III iaitu pada sumber air yang memerlukan rawatan intensif ialah 3-6 mg/L

2.2.2.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut sangat penting bagi memastikan kesinambungan hidupan akuatik seperti ikan dan lain-lain. Oksigen terlarut dapat ditentukan melalui 2 kaedah iaitu ujikaji tindak balas di makmal iaitu kaedah titratan Winkler (Tebutt, 1971) dan juga melalui peralatan elektrod oksigen terlarut dan dinyatakan dalam unit mg/L. Nilai oksigen terlarut menunjukkan darjah pencemaran air. Semakin rendah oksigen terlarutnya maka semakin tercemarlah air tersebut (Basri, 1997).

2.2.2.4 Keliatan

Menurut Tebutt, (1971) keliatan air disebabkan oleh kehadiran ion kalsium dan magnesium dalam air yang bergabung dengan ion-ion lain seperti bikarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-) dan nitrat (NO_3^-). Keliatan air boleh menghalang pembentukan buih sabun dan menyebabkan paip-paip tersumbat akibat mendakan karbonat di dalam saluran paip. Keliatan air yang terlalu tinggi akan menyebabkan tindakbalas di dalam proses olahan air tidak dapat berlaku dengan optimum. Ini akan menyebabkan kualiti air yang dirawat tidak mematuhi piawaian Kementerian Kesihatan Malaysia.

2.2.2.5 Logam

Terdapat pelbagai logam yang hadir di dalam air minuman, kehadiran logam dalam sumber air wujud secara semulajadi ataupun disebabkan oleh pencemaran akibat perbuatan manusia. Kehadiran logam di dalam sumber air secara semulajadi disebabkan oleh lesapan batuan yang mempunyai mineral-mineral logam tersebut (Aziz,1999). Pencemaran akibat buatan manusia berpunca daripada pencemaran sisa industri akan meningkatkan kandungan logam di dalam sumber air serta membahayakan nyawa manusia dan hidupan lain.

a) Plumbum (Pb)

Plumbum hadir didalam air disebabkan oleh pencemaran dan juga penggunaan alat-alat yang diperbuat daripada plumbum. Plumbum merupakan logam beracun dan boleh menyebabkan masalah kerosakan sistem pernafasan, keletihan, akal terencat, pucat dan kekurangan darah (Basri, 1997).

b) Ferum (Fe) dan Mangan (Mn)

Ferum dan mangan hadir di dalam sumber air disebabkan oleh peresapan mineral tersebut di dalam air. Pada kebiasaannya air yang mempunyai kandungan logam ini pada kadar yang tinggi akan bertukar menjadi warna kuning keperangan. Selain itu logam ferum dan mangan di dalam air akan mengakibatkan rasa kelat dan timbunan keladak (John, 1971).

c) Aluminium (Al)

Menurut Aziz, (1999) pengambilan sumber air yang mengandungi aluminium dalam proses dialisis ginjal boleh menyebabkan pesakit mengalami gangguan saraf. Aluminium pada sumber air juga boleh menyebabkan masalah kelupaan terutamanya pada golongan tua. Pada kebiasaannya aluminium hadir di dalam air disebabkan oleh faktor semula jadi dan juga baki aluminium hasil daripada proses pencampuran bahan kimia semasa proses olahan air. Larutan aluminium sulfat digunakan sebagai bahan pengental dalam proses olahan air tersebut.

d) Arsenik

Arsenik merupakan logam yang sangat toksik kepada manusia. Ia boleh hadir di dalam air di sekitar kawasan yang mempunyai mineral bijih besi melalui resapan. Selain itu ia juga boleh hadir di dalam air melalui pencemaran racun rumpai dan racun serangga.

2.2.3.6 Bukan logam

Menurut Aziz, (1999) unsur-unsur bukan logam yang utama diberi perhatian dalam kualiti air minuman ialah fosfat (PO_4^{-2}), sulfat (SO_4^{-2}), klorida (Cl^-), fluorida (F^-) dan sianida (CN^-). Kehadiran unsur bukan logam di dalam air minuman akan mendatangkan banyak masalah terhadap kesihatan manusia dan kualiti air minuman. Kehadiran klorida akan menyebabkan rasa payau pada air. Kehadiran Sulfat dalam bentuk CaSO_4 pula akan menyebabkan pengamatan pada pemetung air dalam proses agihan air.

2.2.3 Ciri-ciri biologi.

Ciri-ciri biologi di dalam air menunjukkan kualiti air dari segi kandungan mikroorganisma dan hidupan seni lain di dalamnya. Kajian mengenai kehadiran mikroorganisma sangat penting bagi memastikan air khususnya air minuman adalah bebas daripada mikroorganisma yang merbahaya dan boleh menyebabkan penyakit terhadap manusia khususnya. Antara contoh yang biasa ialah virus, bakteria, alga, fungi dan protozoa (Aziz, 1999).

Jadual 2.1 : Piawai Kualiti Air Kebangsaan Interim
(Sumber : <http://www.doe.gov.my/>,2005)

PARAMETER	KELAS						
	UNIT	I	IIA	IIB	III	IV	V
Ammonia	mg/l	<0.1	0.1-0.3	0.1-0.3	0.3-0.9	0.9-2.7	>2.7
Nitrogen							
BOD	mg/l	<1	1-3	1-3	3-6	6-12	>12
COD	mg/l	<10	10-25	10-25	25-50	50-100	>100
DO	mg/l	>7	5.0-7.0	5.0-7.0	3.0-5.0	1-3	<1
pH		6.5 - 8.5	6.5-9.0	6.5-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
Warna	Hazen	15	150	150	-	-	-
Konduktiviti	umhos/cm	1000	1000	-	-	6000	-
Ampaian		N	N	N	-	-	-
Bau		N	N	N	-	-	-
Saliniti (%)	%	0.5	1	-	-	2	-
Rasa		N	N	N	-	-	-
Jumlah Pepejal Terlarut	mg/l	500	1000	-	-	4000	-
Jumlah Pepejal Terampai	mg/l	<25	25-50	25-50	50-150	150-300	>300
Suhu (C)	°C	-	Normal+2		Normal+2	-	-
Kekeruhan(NTU)	NTU	5	50	50	-	-	-
Kolifom Faekal **	Bil/100mL	10	100	400	5000 (20000) ^a	5000 (20000) ^a	-
Jumlah Kolifom	Bil/100mL	100	5000	5000	50000	50000	>50000

<u>Nota</u>	
N	Paras biasa
<u>Kelas</u>	<u>Kegunaan.</u>
KELAS I	Bekalan air asli terpelihara I –Tidak perlukan rawatan Perikanan I – Spesies hidupan akuatik yang sangat sensitif
KELAS IIA	Bekalan air II –Perlukan rawatan biasa Perikanan II - Spesies hidupan akuatik yang sangat sensitif
KELAS IIB	Rekreasi dengan sentuhan kulit
KELAS III	Bekalan Air III – Perlukan rawatan air insentif
KELAS IV	Pengairan
KELAS V	Tiada satu pun di atas

Jadual 2.2 : Garis Panduan Kebangsaan Mutu Air Minuman(Sumber : http://www.bacfree.com.my/learn_quality.htm)

No.	Parameter	W.H.O. Standard*	M.O. H Standard*
1	pH	< 8.0	6.5-9.0
2	Warna (Hazen Unit)	15	15
3	Kekeruhan (NTU)	5 NTU	5 NTU
4	Total Alkalinity (as CaCO ₃), mg/l	Tiada Spesifikasi	Tiada Spesifikasi
5	Keliatan (as CaCO ₃), mg/l	500.0	500.0
6	Calcium Hardness (as CaCO ₃), mg/l	200.0	Tiada Spesifikasi
7	Magnesium Hardness (as CaCO ₃), mg/l	150.0	150.0
8	Jumlah pepejal, mg/l	-	No Spec
9	Pepejal terlarut, mg/l	1000	1000
10	Pepejal terampai, mg/l	Tiada Spesifikasi	Tiada Spesifikasi
11	Anionic Detergents, mg/l	1	1.0
12	Chloride (as Cl), mg/l	250.0	250.0
13	Sulphate (as SO ₄), mg/l	250.0	250.0
14	Selenium (as Se), mg/l	0.01	0.01
15	Mercury (as Hg), mg/l	0.001	0.001
16	Cyanide (as CN), mg/l	0.07	0.07
17	Phenol, mg/l	0.002	0.002
18	Arsenic (as As), mg/l	0.01	0.01
19	Silica (as SiO ₂)	-	Tiada Spesifikasi
20	Total Iron (as Fe), mg/l	0.3	0.3
21	Copper (as Cu), mg/l	2	1.0
22	Manganese (as Mn), mg/l	0.1	0.1
23	Lead (as Pb), mg/l	0.01	0.01
24	Zinc (as Zn), mg/l	3.0	3.0
25	Cadmium (as Cd), mg/l	0.003	0.003
26	Calcium (as Ca), mg/l	200	No Spec
27	Magnesium (as Mg), mg/l	150.0	150.0
28	Nitrate Nitrogen (as N), mg/l	10.0	10.0
29	Ammoniacal Nitrogen (as N), mg/l	-	Tiada Spesifikasi

30	Albuminoid Nitrogen (as N), mg/l	-	Tiada Spesifikasi
31	Oil & Grease, mg/l 0.3	-	Tiada Spesifikasi
32	Fluoride (as F)	1.5	0.5-0.7
33	Aluminium (Al), mg/l	0.2	0.2
34	Silver (as Ag)	Tiada Spesifikasi	0.05
35	Chromium (as Cr)	0.05	0.05
36	Sodium (as Na)	200	200.0
37	Mineral Oil	0.3	-
38	Free Chlorine (as Cl ₂)	-	Tidak kurang 0.2
39	Coliform Count, org/ml	Tiada dalam sebarang 100ml Sampel	Tiada dalam sebarang 100ml Sampel
40	E.coli Count, org/ml	Tiada dalam sebarang 100ml Sampel	Tiada dalam sebarang 100ml Sampel

2.3 PROSES OLAHAN AIR.

2.3.1 Proses olahan air konvensional.

Pada masa ini terdapat pelbagai kaedah yang digunakan dalam proses rawatan air. Di Malaysia proses rawatan air dijalankan di loji-loji rawatan air milik kerajaan-kerajaan negeri ataupun swasta. Lazimnya proses rawatan air di Malaysia menggunakan sistem konvensional yang melibatkan proses-proses seperti pengudaraan, pembauran, pemberbukuan, pengendapan, penapisan, pembasmian kuman dan penyesuaian pH sebelum diagihkan ketangki-tangki utama dan seterusnya sampai kepada pengguna.



Rajah 2.1 : Proses rawatan air yang tipikal.
(Sumber : <http://www.saj.com.my>,2005)

2.3.2 Proses olahan air pengapungan udara terlarut.

2.3.2.1 Pengenalan

Selain itu, proses rawatan air di Malaysia juga menggunakan kaedah lain iaitu melalui proses pengapungan udara terlarut. Pada masa kini dianggarkan terdapat kira-kira 10 buah atau lebih loji rawatan air di negara kita yang menggunakan proses pengapungan udara terlarut untuk merawat air mentah untuk diminum (Lin,2002)

Jadual 2.2 : Loji rawatan air yang menggunakan sistem pengapungan udara terlarut.
(Sumber : Angkasa Consulting services Sdn .Bhd,2002)

Loji Air	Kapasiti (Juta liter per hari)
Loji yang telah siap	
1. Parit WTP, Perak	273 Mld
2. Sg Lebam WTP, Johor	55 Mld
3. Bertam WTP, Melaka	120 Mld
4. Asajaya WTP, Sarawak	8 Mld
5. Tenglu WTP, Johor	15 Mld
6. Bukit Panchor WTP, Penang	9 Mld
7. Sg Terip WTP, Negeri Sembilan	143 Mld
8. Wangsa Maju WTP, Kuala Lumpur	45 Mld
9. Bintulu WTP, Sarawak	100 Mld
10. Sg Dua WTP, Penang	454 Mld

2.3.2.2 Sejarah pengapungan udara terlarut

Proses pengapungan telah digunakan untuk mengasingkan mineral daripada jasad buangan oleh masyarakat kuno Greek sejak 2000 tahun yang lalu (Gregory *et al*, 1999). Bijih yang dikehendaki akan terapung dipermukaan air manakala jasad buangannya akan tenggelam ke dasar air. Pada tahun 1904 kaedah elektrolisis telah diperkenalkan oleh seorang tokoh bernama Elmore untuk menghasilkan buih-buih udara dalam proses pengapungan bagi tujuan pengasingan pepejal dan cecair tetapi kaedah ini tidak digunakan secara meluas dan komersil.

Kaedah ini dipertingkatkan kepada kaedah pengapungan elektolitik. Elmore juga telah menemui kaedah penghasilan buih-buih udara melalui kaedah pengapungan udara (vakum) terlarut. Melalui kaedah ini satu keadaan vakum dikenakan ke atas cecair seperti air dan kemudiannya udara yang terlarut bersama air dibebaskan dalam bentuk buih-buih udara yang sangat kecil.

Teknologi sistem pengapungan udara terlarut yang moden buat pertama kali dipatenkan pada tahun 1924 oleh Peterson dan Sveen bagi mengasingkan fiber dalam industri penghasilan kertas. Proses rawatan air minum pula telah menggunakan proses dan kaedah ini buat pertama kali di Sweden pada tahun 1960 dan berkembang sehingga ke Scandivia dan United Kingdom selama lebih daripada 30 tahun. Di Amerika Syarikat pula proses ini telah mula digunakan sejak 40 tahun yang lalu (Charles *et al*, 2000). Kaedah ini pada masa itu amat bersesuaian untuk merawat air mentah yang berwarna, mempunyai kekeruhan dan mengandungi alga. Loji rawatan air di Amerika pertama kalinya digunakan di New Castle, New York dengan kapasiti 28 juta liter sehari dan mula beroperasi pada tahun 1993.

Terdapat 3 jenis sistem pengapungan udara terlarut iaitu pengapungan vakum, pengapungan mikro dan pengapungan tekanan. Pengapungan tekanan merupakan sistem yang paling banyak digunakan secara meluas.

2.3.2.3 Mekanisma pengapungan udara terlarut.

Bagi mencapai keberkesanan proses pengasingan pepejal-cecair di dalam proses pengapungan udara terlarut, proses olahan air yang seperti pembauran dan pemberbukuan mestilah berlaku pada kadar yang optima. Ini kerana keberkesanan proses pengasingan pepejal-cecair bergantung kepada kualiti flok-flok yang terhasil. George *et al*, (1990) menyatakan bahawa terdapat tiga cara yang berbeza di dalam mekanisma pengapungan pada penggumpalan gelembung udara dan flok. Mekanisma pengapungan pada penggumpalan gelembung udara-flok iaitu perekatan gelembung udara di dalam struktur rangkaian partikel flok, penyerapan buih-buih udara di dalam struktur flok semasa struktur flok terbentuk dan perekatan gelembung udara-flok semasa perlanggaran berlaku. George *et al*, (1990) berpendapat bahawa mekanisma perekatan gelembung udara-flok semasa perlanggaran berlaku adalah teori yang sesuai dikaitkan dengan proses pengapungan udara terlarut di dalam proses olahan air.

2.3.2.4 Aplikasi teori pengapungan udara terlarut.

Stevenson, (1997) memberikan hujahnya bahawa proses pengapungan udara terlarut ini melibatkan pembentukan gelembung-gelembung udara yang bergaris pusat kecil dan larut di dalam air di dasar tangki. Gelembung-gelembung udara ini akan naik ke permukaan air dengan sendirinya disebabkan oleh daya apungan Buoyancy yang mengikut Hukum Stokes. Gelembung-gelembung udara ini akan naik ke permukaan air bersama flok-flok yang terhasil semasa proses pemberbukuan dan akhirnya terkumpul membentuk lapisan

enap cemar dipermukaan air. Rajah 2.2 menunjukkan pembentukan lapisan enap cemar di loji pandu manakala Rajah 2.3 pula menunjukkan pembentukan lapisan enap cemar di loji rawatan air sebenar. Lapisan enap cemar ini akan disingkirkan melalui sistem mekanikal pada tempoh masa tertentu bagi memastikan lapisan enap cemar tidak menjadi terlalu berat dan jatuh semula ke dasar tangki.



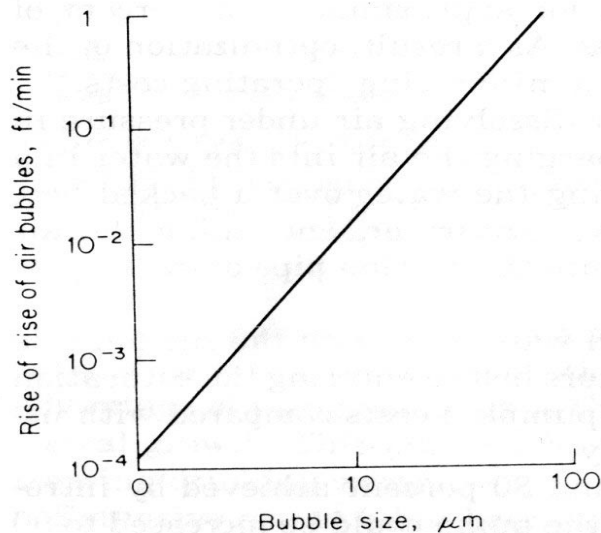
Rajah 2.2 : Lapisan enap cemar di loji pandu.



Rajah 2.3 : Lapisan enap cemar di loji sebenar di Loji Rawatan Air Sungai Lebam, Johor.

Air yang bersih dan bebas daripada partikel-partikel asing dan bebas daripada pepejal terampai akan terhasil di bawah lapisan enap cemar tersebut. Namun begitu keberkesanan proses ini juga bergantung kepada keberkesanan proses rawatan air sebelumnya seperti pengudaraan, pembauran dan yang paling penting ialah pemberbukuan dimana flok-flok dihasilkan untuk di apungkan di dalam proses pengapungan udara terlarut.

Pada aliran laminar ditangki pengapungan, penggumpalan diantara gas dan pepejal akan mencapai tahap maksimum. Saiz gelembung udara boleh mencapai nilai maksimum bergaris pusat 130 μm (Gregory et al., 1990). Perhubungan diantara halaju apungan gelembung udara ke permukaan air berbanding saiz gelembung udara dapat dilihat melalui rajah dibawah.



Rajah 2.4 : Kadar halaju apungan gelembung udara berbanding saiz gelembung udara (Sumber: Gregory *et al*, 1990)

2.3.2.5 Kelebihan pengapungan udara terlarut.

Pengapungan udara terlarut mempunyai banyak kelebihan berbanding kaedah pemendapan yang digunakan oleh sistem konvensional. Penjimatan masa sewaktu proses pengasingan pepejal-cecair dapat dilakukan. Ini kerana proses rawatan air akan menjadi lebih cepat kerana masa tahanan ditangki pengapungan adalah lebih singkat berbanding tangki pemendapan yang memerlukan masa yang lama untuk proses pengasingan pepejal-cecair. Ia juga merupakan satu jalan penyelesaian yang baik bagi mengatasi masalah kualiti air mentah yang berwarna, mempunyai alga dan kekeruhan yang tinggi dalam jangka masa yang panjang (Stevenson, 2002). Proses ini boleh dimulakan, dihentikan dan dimulakan semula dengan kadar yang segera serta menjimatkan penggunaan dos pengental seperti aluminiu sulfat (Stevenson, 1997).

Bourgeois *et al*, (2004) memberikan hujahnya bahawa sistem pengapungan udara terlarut sangat sesuai digunakan untuk merawat sumber air mentah berbanding pemendapan dalam mengatasi masalah flok yang ringan, berketumpatan rendah dan mudah pecah. Keadaan ini berlaku kerana sistem ini tidak memerlukan flok-flok yang besar dan berat untuk mengendap ke dasar tangki. (Bourgeois *et al*, 2004). Proses ini juga amat berkesan dalam menyingkirkan pepejal terampai (TSS), minyak dan gris (O&G) dan keperluan oksigen biokimia pada air dan air sisa (Charles *et al*, 2000).

Walaupun penggunaan sistem ini akan menggunakan kos operasi seperti tenaga elektrik yang tinggi, Stevenson, (1997) memberikan pendapat bahawa kos yang ditanggung adalah setimpal dengan kualiti dan kepantasan proses olahan air yang dijalankan.

BAB 3

METODOLOGI KAJIAN

3.1 PENGENALAN

Bab ini membincangkan kaedah-kaedah dan analisis yang digunakan untuk membuktikan prestasi kaedah pengapungan udara terlarut dalam proses olahan air seperti yang dipraktikkan di loji pandu Jalan Baru, Kuala Kurau, Perak Darul Ridzuan. Metodologi kajian dilakukan untuk mendapatkan serta memilih kaedah yang sesuai untuk mendapatkan data-data yang diperlukan berkaitan kajian yang dilakukan iaitu kajian prestasi penyingkiran pepejal terampai menggunakan sistem pengapungan udara terlarut di loji pandu Jalan Baru, Kuala Kurau, Perak Darul Ridzuan. Rajah 3.3 menunjukkan carta alir perjalanan metodologi kajian yang dilakukan bagi menjalankan kajian ini.

Dalam kajian ini aspek penyingkiran pepejal terampai merupakan elemen utama yang diberi perhatian. Selain itu terdapat empat parameter kualiti air lain yang turut diuji iaitu kekeruhan, kandungan baki aluminium, pH dan warna menjadikan lima parameter yang diuji. Kajian ini adalah bertujuan untuk menilai prestasi sistem pengapungan udara terlarut di loji pandu yang masih di dalam proses penyelidikan. Kajian dilakukan bagi mengenalpasti masalah dan halangan yang timbul bagi membantu meningkatkan tahap kecekapan sistem ini serta mengatasi masalah-masalah yang timbul pada masa hadapan.