



**PENILAIAN KUALITI SUMBER AIR DAN  
KESANNYA TERHADAP PERMINTAAN KLORIN**

oleh

**MOHD SUHAIMI BIN AHMAD  
(1434211266)**

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi keperluan syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Sains dalam bidang Kejuruteraan Awam

**Pusat Pengajian Kejuruteraan Alam Sekitar  
UNIVERSITY MALAYSIA PERLIS**

2017

# UNIVERSITI MALAYSIA PERLIS

## DECLARATION OF THESIS

Author's full name : MOHD SUHAIMI BIN AHMAD  
Date of birth : 28 OGOS 1978  
Title : PENILAIAN KUALITI SUMBER AIR DAN KESANNYA  
TERHADAP PERMINTAAN KLORIN  
Academic Session : 2016/2017

I hereby declare that this thesis becomes the property of Universiti Malaysia Perlis (UniMAP) and to be placed at the library of UniMAP. This thesis is classified as :

**CONFIDENTIAL** (Contains confidential information under the Official Secret Act 1972)

**RESTRICTED** (Contains restricted information as specified by the organization where research was done)

**OPEN ACCESS** I agree that my thesis is to be made immediately available as hard copy or on-line open access (full text)

I, the author, give permission to the UniMAP to reproduce this thesis in whole or in part for the purpose of research or academic exchange only (except during a period of \_\_\_\_\_ years, if so requested above).

Certified by:

\_\_\_\_\_  
**SIGNATURE**

\_\_\_\_\_  
**SIGNATURE OF SUPERVISOR**

780828 – 02 – 6041  
**(NEW IC NO. / PASSPORT NO.)**

ASSOC. PROF. DR. FAHMI MUHAMMAD RIDWAN  
**NAME OF SUPERVISOR**

Date : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

## **DEDIKASI**

Setinggi-tinggi kesyukuran terhadap Allah S.W.T serta selawat dan salam untuk Junjungan Besar, Nabi Muhammad S.A.W di atas segala nikmat pemberiannya. Kepada isteri tercinta, Rosmaliza bt. Harun serta anak-anak tersayang, Nureen Aliya, Muhammad Airel Zhafri dan Muhammad Aidil Fahry yang menjadi sumber inspirasi serta kebahagiaan sepanjang perjalanan hidup ini.

©This item is protected by original copyright

## PENGHARGAAN

Sekalung penghargaan yang tidak terhingga saya ucapkan kepada Prof. Madya Dr. Fahmi Muhammad Ridwan serta Ir. Mustaqqim Abdul Rahim selaku penyelia utama dan kedua atas bimbingan serta dorongan sepanjang penyelidikan ini dijalankan.

Ucapan terima kasih ditujukan khas kepada Kementerian Pendidikan Malaysia atas pemberian biasiswa Hadiah Latihan Persekutuan dan cuti belajar sepanjang pengajian ini.

Iringan terima kasih diucapkan kepada semua pensyarah, pegawai dan kakitangan Pusat Pengajian Kejuruteraan Alam Sekitar UniMAP atas bantuan, tunjuk ajar serta perkongsian pengetahuan bagi menyempurnakan kajian ini. Tidak dilupakan seluruh pegawai dan kakitangan Loji Rawatan Air Arau Fasa IV Perlis, Bahagian Bekalan Air JKR Perlis, Unit Kejuruteraan Kementerian Kesihatan Malaysia, Jabatan Pengairan dan Saliran, Jabatan Alam Sekitar, Majlis Daerah Kubang Pasu dan Padang Terap Kedah, MADA, SADA dan lain-lain jabatan serta organisasi di atas maklumat dan kerjasama yang telah diberikan. Terima kasih juga diucapkan kepada semua rakan penyelidik dan teman sekerja yang turut sama memberi bantuan, galakan serta sokongan bagi menjayakan kajian ini.

Akhir sekali, jutaan terima kasih kepada keluarga tersayang atas segala pengorbanan, sokongan dan dorongan bagi membolehkan saya menamatkan pengajian sarjana ini dengan sempurna.

## SENARAI KANDUNGAN

	MUKA SURAT
<b>DEKLARASI TESIS</b>	
<b>DEDIKASI</b>	i
<b>PENGHARGAAN</b>	ii
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	iii
<b>SENARAI JADUAL</b>	x
<b>SENARAI RAJAH</b>	xi
<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xvi
<b>SENARAI SIMBOL</b>	xvii
<b>ABSTRAK</b>	xviii
<b>ABSTRACT</b>	xix
<b>BAB 1 PENGENALAN</b>	1
1.1    Pendahuluan	1
1.2    Pernyataan Masalah	3
1.3    Objektif Kajian	5
1.4    Skop Kajian	6
<b>BAB 2 KAJIAN LITERATUR</b>	8
2.1    Pendahuluan	8

2.2	Sumber Air	8
2.2.1	Sumber Air Di Malaysia	9
2.2.1.1	Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan	12
2.2.1.2	Indeks Kualiti Air	13
2.2.1.3	Piawaian Kualiti Air Minum Kebangsaan	13
2.3	Pencemaran Sumber Air	14
2.3.1	Faktor Pencemaran	14
2.3.1.1	Faktor Semula Jadi	15
2.3.1.2	Faktor Kemanusiaan	16
2.3.2	Punca Pencemaran	17
2.3.2.1	Penempatan dan Kediaman	18
2.3.2.2	Pertanian dan Penternakan	19
2.3.2.3	Perbandaran	20
2.3.2.4	Perindustrian	21
2.4	Rawatan Air	22
2.4.1	Proses Rawatan Air	23
2.4.1.1	Pra-rawatan ( <i>Pre-treatment</i> )	24
2.4.1.2	Pengudaraan ( <i>Aeration</i> )	25
2.4.1.3	Pengklorinan Awal ( <i>Pre-Chlorination</i> )	25
2.4.1.4	Pembauran Kimia ( <i>Chemical Diffusion</i> )	26
2.4.1.5	Pengentalan dan Pembukuan ( <i>Coagulant &amp; Flocculation</i> )	26
2.4.1.6	Pemendapan ( <i>Sedimentation</i> )	27

2.4.1.7	Penapisan ( <i>Filtration</i> )	27
2.4.1.8	Penyahkuman ( <i>Disinfection</i> )	28
2.4.2	Tindak Balas Klorin Dalam Air	31
2.4.2.1	Jumlah Baki Klorin	32
2.4.2.2	Permintaan Klorin	34
2.4.3	Hasil Sampingan Disinfeksi (DBP)	37
2.5	Parameter Kualiti Air	39
2.5.1	Parameter Fizikal-Kimia	41
2.5.1.1	Suhu	42
2.5.1.2	pH	43
2.5.1.3	Oksigen Terlarut	44
2.5.1.4	Kekeruhan	45
2.5.1.5	Jumlah Pepejal Terampai	45
2.5.2	Nutrien	46
2.5.2.1	Ammonia	47
2.5.2.2	Nitrat	48
2.5.2.3	Fosfat	49
2.5.3	Logam	50
2.5.3.1	Ferum	50
2.5.3.2	Mangan	51
2.5.4	Jumlah Karbon Organik	52
2.5.5	Permintaan Oksigen Biokimia	53

2.5.6 Permintaan Oksigen Kimia	54
2.5.7 Baki Klorin	55
<b>BAB 3 METODOLOGI KAJIAN</b>	<b>56</b>
3.1 Pendahuluan	56
3.2 Kajian Literatur	56
3.3 Kerja Awalan	57
3.4 Stesen Pensampelan	58
3.5 Pensampelan dan Pengujian	62
3.5.1 Peralatan Kajian	63
3.5.2 Kawalan Kualiti Analisis	64
3.5.3 Pengujian Parameter	65
3.5.3.1 pH	65
3.5.3.2 Suhu	66
3.5.3.3 Oksigen Terlarut	66
3.5.3.4 Kekeruhan	66
3.5.3.5 Jumlah Pepejal Terampai	67
3.5.3.6 Ammonia	67
3.5.3.7 Nitrat	68
3.5.3.8 Fosfat	69
3.5.3.9 Mangan	69
3.5.3.10 Ferum	70



3.5.3.11 Jumlah Karbon Organik	70
3.5.3.12 Permintaan Oksigen Biokimia	71
3.5.3.13 Permintaan Oksigen Kimia	72
3.5.3.14 Permintaan Klorin	73
3.6 Analisis Data	74
3.6.1 Analisis Multivariat	75
3.6.2 Analisis Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) dan Indeks Kualiti Air (WQI)	76
<b>BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>77</b>
4.1 Pendahuluan	77
4.2 Analisis Guna Tanah dan Hidrologi	78
4.2.1 Analisis Guna Tanah	78
4.2.1.1 Perbandaran dan Penempatan	79
4.2.1.2 Pertanian dan Penternakan	81
4.2.1.3 Perusahaan dan Industri	83
4.2.2 Analisis Data Hujan dan Kadar Alir	86
4.2.2.1 Data Hujan	86
4.2.2.2 Data Kadar alir	88
4.3 Analisis Kualiti Sumber Air	89
4.3.1 Indeks Kualiti Air	90
4.3.2 Analisis Multivariat	95

4.3.3 Analisis Kelompok <i>PC 1</i>	98
4.3.3.1 Suhu	100
4.3.3.2 pH	103
4.3.3.3 Oksigen Terlarut	106
4.3.3.4 Kekeruhan	109
4.3.3.5 Jumlah Pepejal Terampai	111
4.3.3.6 Jumlah Karbon Organik	114
4.3.3.7 Ammonia	117
4.3.3.8 Permintaan Oksigen Biokimia	120
4.3.3.9 Permintaan Oksigen Kimia	123
4.3.4 Analisis Kelompok <i>PC 2</i>	126
4.3.4.1 Ferum	128
4.3.4.2 Mangan	130
4.3.5 Analisis Kelompok <i>PC 3</i>	133
4.3.5.1 Nitrat	134
4.3.5.2 Fosfat	137
4.4 Analisis Kualiti Air Terawat dan Permintaan Klorin	140
4.4.1 Analisis Kualiti Air Terawat	141
4.4.2 Analisis Permintaan Klorin	142
4.5 Hubungan Parameter Kualiti Air dan Permintaan Klorin	150
4.5.1 Kesan Suhu	154
4.5.2 Kesan pH	157

4.5.3 Kesan Oksigen Terlarut	161
4.5.4 Kesan Kekeruhan	163
4.5.5 Kesan Jumlah Pepejal Terampai	167
4.5.6 Kesan Ammonia	171
4.5.7 Kesan Nitrat	173
4.5.8 Kesan Fosfat	177
4.5.9 Kesan Ferum	180
4.5.10 Kesan Mangan	183
4.5.11 Kesan Jumlah Karbon Organik	186
4.5.12 Analisis Regrasi Berganda	190
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>	<b>193</b>
5.1 Kesimpulan	193
5.2 Cadangan	196
<b>RUJUKAN</b>	<b>197</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>229</b>
<b>SENARAI PENERBITAN</b>	<b>236</b>

## SENARAI JADUAL

NO.	MUKA SURAT
Jadual 2.1 : Sumber dan Kandungan Pencemaran Sungai	22
Jadual 3.1: Kedudukan dan justifikasi stesen-stesen pensampelan di Terusan Utara	60
Jadual 4.1: Pecahan aktiviti guna tanah Daerah Kubang Pasu	79
Jadual 4.2: Data hujan Daerah Kubang Pasu dan Padang Terap	87
Jadual 4.3: Aras Ketinggian dan Kadar Alir di Terusan Utara	89
Jadual 4.4: Keputusan analisis kualiti air di Terusan Utara	90
Jadual 4.5: Indeks kualiti air mengikut stesen di Terusan Utara	92
Jadual 4.6: Pembebanan 13 parameter untuk 3 komponen PC	96
Jadual 4.7: Keputusan analisis kualiti air di Loji Rawatan Air Fasa IV, Arau	142
Jadual 4.8: Keputusan analisis permintaan klorin mengikut stesen	145
Jadual 4.9: Hubungan parameter kualiti air dan permintaan klorin	191
Jadual 4.10: Analisis regresi berganda parameter kualiti air dan permintaan klorin	191

## SENARAI RAJAH

NO.	MUKA SURAT
Rajah 2.1: Loji rawatan air konvensional	24
Rajah 2.2: Taburan relatif HOCl dan OCl <sup>-</sup> pada pH (pK = 7.54) dan suhu 25°C	32
Rajah 2.3: Proses tindak balas klorin dan permintaan klorin	36
Rajah 3.1: Kedudukan stesen sampel air mentah di Terusan Utara, Kedah	59
Rajah 3.2: Kedudukan stesen sampel air terawat di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	60
Rajah 4.1: Guna tanah penempatan dan kediaman di Pekan Jitra	80
Rajah 4.2: Guna tanah pertanian di Pekan Jitra	82
Rajah 4.3 : Guna tanah perusahaan dan perindustrian di Pekan Jitra	84
Rajah 4.4: Purata turunan hujan dari Jun 2014 – Mei 2015	88
Rajah 4.5: Purata WQI di Terusan Utara dari Jun 2014- Mei 2015	91
Rajah 4.6: WQI mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	95
Rajah 4.7: Plot skrin nilai <i>Eigen</i>	96
Rajah 4.8: Analisis dendrogram CA untuk PC 1	98
Rajah 4.9: Kumpulan stesen sumber air di Terusan Utara berdasarkan dendrogram PC 1	99
Rajah 4.10: Konsentrasi suhu berdasarkan CA	100
Rajah 4.11: Perubahan suhu semasa musim hujan dan musim tidak hujan	101
Rajah 4.12: Konsentrasi suhu mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	102
Rajah 4.13: Konsentrasi pH berdasarkan CA	103
Rajah 4.14: Perubahan pH semasa musim hujan dan musim tidak hujan	104
Rajah 4.15: Konsentrasi pH mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	105
Rajah 4.16: Konsentrasi DO berdasarkan CA	106
Rajah 4.17: Perubahan DO semasa musim hujan dan musim tidak hujan	107

Rajah 4.18: Konsentrasi DO mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	108
Rajah 4.19: Konsentrasi kekeruhan berdasarkan CA	109
Rajah 4.20: Perubahan kekeruhan semasa musim hujan dan tidak hujan	110
Rajah 4.21: Konsentrasi kekeruhan mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	111
Rajah 4.22: Konsentrasi TSS berdasarkan CA	112
Rajah 4.23: Perubahan TSS semasa musim hujan dan tidak hujan	113
Rajah 4.24: Konsentrasi TSS mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	114
Rajah 4.25: Konsentrasi TOC berdasarkan CA	115
Rajah 4.26: Perubahan TOC semasa musim hujan dan tidak hujan	116
Rajah 4.27: Konsentrasi TOC mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	117
Rajah 4.28: Konsentrasi ammonia berdasarkan CA	118
Rajah 4.29: Perubahan ammonia semasa musim hujan dan tidak hujan	119
Rajah 4.30: Konsentrasi ammonia mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	120
Rajah 4.31: Konsentrasi BOD berdasarkan CA	121
Rajah 4.32: Perubahan BOD semasa musim hujan dan tidak hujan	122
Rajah 4.33: Konsentrasi BOD mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	123
Rajah 4.34: Konsentrasi COD berdasarkan CA	124
Rajah 4.35: Perubahan COD semasa musim hujan dan tidak hujan	125
Rajah 4.36: Konsentrasi COD mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	126
Rajah 4.37: Analisis dendrogram CA untuk PC 2	127
Rajah 4.38: Kumpulan stesen sumber air di Terusan Utara berdasarkan dendrogram PC 2	127
Rajah 4.39: Konsentrasi ferum berdasarkan CA	128
Rajah 4.40: Perubahan ferum semasa musim hujan dan tidak hujan	129
Rajah 4.41: Konsentrasi ferum mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	130
Rajah 4.42: Konsentrasi mangan berdasarkan CA	131

Rajah 4.43: Perubahan mangan semasa musim hujan dan tidak hujan	132
Rajah 4.44: Konsentrasi mangan mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	132
Rajah 4.45: Analisis dendrogram CA untuk PC 3	133
Rajah 4.46: Kumpulan stesen sumber air di Terusan Utara berdasarkan dendrogram PC 3	134
Rajah 4.47: Konsentrasi nitrat berdasarkan CA	135
Rajah 4.48: Perubahan nitrat semasa musim hujan dan tidak hujan	136
Rajah 4.49: Konsentrasi nitrat mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	137
Rajah 4.50: Konsentrasi fosfat berdasarkan CA	138
Rajah 4.51: Perubahan fosfat semasa musim hujan dan tidak hujan	139
Rajah 4.52: Konsentrasi fosfat mengikut stesen sumber air di Terusan Utara	140
Rajah 4.53: Purata permintaan klorin di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV, dari Jun 2014 – Mei 2015	143
Rajah 4.54: Analisis <i>Box</i> baki klorin mengikut stesen rawatan air di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	144
Rajah 4.55: Analisis <i>Box</i> permintaan klorin mengikut stesen rawatan air di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	145
Rajah 4.56: Perbandingan permintaan klorin mengikut stesen rawatan air di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	143
Rajah 4.57: Perbandingan permintaan klorin di Stesen D1, Air Mentah	147
Rajah 4.58: Perbandingan permintaan klorin di Stesen D2, Pengudaraan	148
Rajah 4.59: Perbandingan permintaan klorin di Stesen D3, Pemendapan	148
Rajah 4.60: Perbandingan permintaan klorin di Stesen D4, Tapisan Pasir	149
Rajah 4.61: WQI dari Jun 2014 – Mei 2015 di Stesen L5/D1, Air Mentah	151
Rajah 4.62: Permintaan klorin dari Jun 2014 – Mei 2015 di Stesen L5/D1, Air Mentah	151
Rajah 4.63: Hubungan WQI dan permintaan klorin di Stesen L5/D1, Air Mentah	152
Rajah 4.64: Hubungan jumlah hujan dan permintaan klorin di Stesen L5/D1, Air Mentah	153

Rajah 4.65: Konsentrasi suhu di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	155
Rajah 4.66: Perbezaan suhu semasa musim hujan dan tidak hujan	155
Rajah 4.67: Hubungan suhu dan permintaan klorin	157
Rajah 4.68: Konsentrasi pH di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	158
Rajah 4.69: Perbezaan pH semasa musim hujan dan tidak hujan	158
Rajah 4.70: Hubungan pH dan permintaan klorin	160
Rajah 4.71: Hubungan pH dan permintaan klorin mengikut stesen (a)Air mentah, (b)Pengudaraan, (c)Pemendapan dan (d)Tapisan pasir	161
Rajah 4.72: Konsentrasi DO di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	162
Rajah 4.73: Perbezaan DO semasa musim hujan dan tidak hujan	162
Rajah 4.74: Hubungan DO dan permintaan klorin	163
Rajah 4.75: Konsentrasi kekeruhan di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	164
Rajah 4.76: Perbezaan kekeruhan semasa musim hujan dan tidak hujan	165
Rajah 4.77: Hubungan kekeruhan dan permintaan klorin	166
Rajah 4.78: Hubungan kekeruhan dan permintaan klorin mengikut stesen kajian (a)Air mentah, (b)Pengudaraan, (c)Pemendapan dan (d)Tapisan pasir	167
Rajah 4.79: Konsentrasi TSS di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	168
Rajah 4.80: Perbezaan TSS semasa musim hujan dan tidak hujan	169
Rajah 4.81: Hubungan TSS dan permintaan klorin	170
Rajah 4.82: Hubungan TSS dan permintaan klorin mengikut stesen kajian (a)Air mentah, (b)Pengudaraan, (c)Pemendapan dan (d)Tapisan pasir	170
Rajah 4.83: Konsentrasi ammonia di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	171
Rajah 4.84: Perbezaan ammonia semasa musim hujan dan tidak hujan	172
Rajah 4.85: Hubungan ammonia dan permintaan klorin	173
Rajah 4.86: Konsentrasi nitrat di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	174
Rajah 4.87: Perbezaan nitrat semasa musim hujan dan tidak hujan	175
Rajah 4.88: Hubungan nitrat dan permintaan klorin	176



Rajah 4.89: Hubungan nitrat dan permintaan klorin mengikut stesen kajian (a)Air mentah, (b)Pengudaraan, (c)Pemendapan dan (d)Tapisan pasir	177
Rajah 4.90: Konsentrasi fosfat di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	178
Rajah 4.91: Perbezaan fosfat semasa musim hujan dan tidak hujan	178
Rajah 4.92: Hubungan fosfat dan permintaan klorin	179
Rajah 4.93: Hubungan fosfat dan permintaan klorin mengikut stesen kajian (a)Air mentah, (b)Pengudaraan, (c)Pemendapan dan (d)Tapisan pasir	180
Rajah 4.94: Konsentrasi ferum di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	181
Rajah 4.95: Perbezaan ferum semasa musim hujan dan tidak hujan	182
Rajah 4.96: Hubungan ferum dan permintaan klorin	183
Rajah 4.97: Konsentrasi mangan di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	184
Rajah 4.98: Perbezaan mangan semasa musim hujan dan tidak hujan	184
Rajah 4.99: Hubungan mangan dan permintaan klorin	185
Rajah 4.100: Hubungan mangan dan permintaan klorin mengikut stesen kajian (a)Air mentah, (b)Pengudaraan, (c)Pemendapan dan (d)Tapisan pasir	186
Rajah 4.101: Konsentrasi TOC di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV	187
Rajah 4.102: Perbezaan mangan semasa musim hujan dan tidak hujan	188
Rajah 4.103: Hubungan TOC dan permintaan klorin	189
Rajah 4.104: Hubungan TOC dan permintaan klorin mengikut stesen kajian (a)Air mentah, (b)Pengudaraan, (c)Pemendapan dan (d)Tapisan pasir	190

## SENARAI SINGKATAN

ANOVA	Ujian analisis varian
BOD	Permintaan oksigen biokimia
CA	Analisis kelompok
Cl	Klorin
COD	Permintaan oksigen kimia
DBP	Hasil sampingan disinfeksi
DOC	Karbon organik terlarut
<i>et al.</i>	Dan rakan-rakan
HOCl	Asid hipoklorus
INWQS	Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan
Kpg.	Kampung
Pdg	Padang
Mg/L	Miligram per liter
NOM	Jirim organik semulajadi
NSDWQ	Piawaian Kualiti Air Minum Kebangsaan
NTU	Unit Kekeruhan <i>Nefelometrik</i>
OCl <sup>-</sup>	Ion hipoklorit
PC	Komponen utama
PCA	Analisis komponen utama
Pmk	Permintaan Klorin
SI	Sub Indeks
WQI	Indeks kualiti air

## SENARAI SIMBOL

%	Peratus
°C	Darjah Celcius
mg/L	Miligram per Liter
m <sup>2</sup>	Meter persegi
m <sup>3</sup>	Meter padu
m <sup>3</sup> /s	Meter padu per saat
r	Pekali korelasi
r <sup>2</sup>	Varians

©This item is protected by original copyright

## Penilaian Kualiti Sumber Air dan Kesannya Terhadap Permintaan Klorin

### ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk menilai kualiti sumber air di Terusan Utara, Kedah dan kesannya terhadap permintaan klorin di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV, Perlis. Kajian dilakukan selama 12 bulan bermula Jun 2014 hingga Mei 2015 berdasarkan analisis WQI, INWQS dan NSDWQ. Kajian mendapati kualiti sumber air di Terusan Utara berada pada Kelas III. Faktor utama yang dikaitkan dengan pencemaran ini ialah aktiviti guna tanah dan perubahan musim. Kajian menunjukkan stesen sumber air di Pelubang, Jitra serta Tunjang merupakan penyumbang utama pencemaran seperti ammonia, TSS, TOC, BOD, COD, kekeruhan, suhu, pH dan DO. Pencemaran ferum dan mangan yang tinggi dicatatkan di stesen sumber air Jitra serta Tunjang, manakala pencemaran nitrat dan fosfat lebih tertumpu di Tunjang serta Padang Sera. Analisis kualiti air di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV, menunjukkan perubahan kualiti sumber air mempunyai hubungan yang kuat terhadap permintaan klorin apabila nilai  $r = 0.75$  dan  $r^2 = 0.56$ . Purata permintaan klorin di Stesen D1 (*Intake*), D2 (Pengudaraan), D3 (Pemendapan) dan D4 (Tapisan pasir) masing-masing ialah 2.48 mg/L, 2.31 mg/L, 1.98 mg/L serta 1.74 mg/L. Analisis parameter kualiti air dan permintaan klorin juga mempamerkan hubungan yang sangat kuat dengan  $r > 0.90$  khususnya oleh pH, ammonia, nitrat, fosfat, ferum, mangan dan TOC. Ini diikuti  $r > 0.70$  oleh TSS, suhu dan kekeruhan, manakala DO mempamerkan korelasi yang paling lemah,  $r = 0.20$ . Analisis regresi berganda pula menunjukkan parameter peramal bagi permintaan klorin di Stesen D1, D2, D3 dan D4 masing-masing terdiri daripada TSS, TOC, mangan serta ammonia. Kesimpulannya, kombinasi aktiviti guna tanah dan perubahan musim boleh memberi kesan terhadap kualiti sumber air mentah di Terusan Utara, Kedah sehingga mempengaruhi jumlah permintaan klorin semasa proses rawatan air yang dijalankan di Loji Rawatan Air Arau Fasa IV, Perlis. Semakin tinggi kualiti sumber air, permintaan klorin akan menurun, sebaliknya apabila kualiti sumber air rendah, permintaan klorin akan meningkat. Oleh itu, kawalan pencemaran serta keberkesanan proses rawatan air sangat penting untuk menyingkirkan atau meminimumkan pelopor yang berpotensi menyebabkan permintaan klorin bagi memastikan air terawat yang dibekalkan kepada pengguna berkualiti dan selamat.

## Assessments of Water Resources Quality and Its Impact On The Chlorine Demand

### ABSTRACT

This study aims to assess the quality of water resources in the Kedah North Canal, and its impact on chlorine demand in the Water Treatment Plant Arau Phase IV, Perlis. The study was conducted over 12 months from June 2014 to May 2015 based on the WQI, INWQS, and NSDWQ. The study found that the quality of water resources in the North Canal are in Class III. The main factors associated with this pollution is land use activities and the seasons change. Studies have shown that Pelubang, Jitra and Tunjang Station are major contributors of pollution such as ammonia, TSS, TOC, BOD, COD, turbidity, temperature, pH and DO. Iron and manganese pollution were the highest recorded at Tunjang and Jitra Station, while phosphate and nitrate pollution concentrated in Tunjang and Padang Sera Station. Analysis of water quality in the Water Treatment Plant Arau Phase IV shows the changes of water quality resources with a significant impact on the chlorine demand when the value of  $r = 0.75$  and  $r^2 = 0.56$ . The average of chlorine demand in D1 Station (Intake), D2 (Aeration), D3 (Sedimentation) and D4 (Sand filtration) were 2.48 mg/L, 2.31 mg/L, 1.98 mg/L and 1.74 mg/L. Analysis of water quality parameters and chlorine demand also exhibits a very strong relationship with  $r > 0.90$ , particularly by pH, ammonia, nitrate, phosphate, iron, manganese and TOC. This is followed by  $r > 0.70$  by TSS, temperature, and turbidity, while DO exhibit the weakest correlation,  $r = 0.20$ . Multiple regression analysis showed predictor parameters for chlorine demand in D1, D2, D3, and D4 each consisting of TSS, TOC, manganese and ammonia. The conclusion is, the combination of land use activities and seasonal changes can affect and impact on the quality of raw water resources in the North Canal, Kedah thus affecting the chlorine demand present in the water treatment process at the Water Treatment Plant Arau Phase IV, Perlis. The higher quality of water resources, chlorine demand will decline, but when low-quality water resources will increase of chlorine demand. Therefore, the effectiveness of pollution control and water treatment process is very important to eliminate or minimize the potential precursor to cause demand to ensure that chlorine treated water supplied to consumers quality and safe.

## BAB 1

### PENGENALAN

#### 1.1 Pendahuluan

Air merupakan keperluan asas untuk kehidupan manusia (Azizullah et al., 2011; Mehta, 2014) serta sangat penting bagi tujuan pembangunan (Chenoweth, 2008), perindustrian (Kang & Xu, 2012), pengangkutan (Sulong et al., 2005), akuakultur (Zhang et al., 2011), pertanian (Zhang et al., 2013), penjanaan kuasa (Pasalli & Rehiara, 2014), rekreasi (Vesterinen et al., 2010) dan sebagainya. Malaysia bertuah kerana dikurniakan taburan hujan tahunan yang tinggi dan menyumbang lebih 30 bilion m<sup>3</sup> kapasiti simpanan air (EPU, 2000) serta jaringan sungai yang luas sebagai sumber air negara. Sejumlah 97% sumber bekalan air semula jadi terdiri daripada air permukaan (Azalina et al., 2012), manakala selebihnya adalah air bawah tanah yang turut berperanan sebagai sumber air alternatif bagi kawasan yang tiada bekalan air atau bekalan air tidak mencukupi (Alam & Olsthoorn, 2014). Sungguhpun begitu, kaedah pengurusan yang sistematik dan berkesan amat penting untuk memastikan sumber air ini mencukupi bagi memenuhi keperluan dari semasa ke semasa (Linton, 1996; Pachri et al., 2013).

Seiring peredaran masa, peningkatan jumlah penduduk serta perubahan hidup masyarakat, permintaan terhadap air bersih turut bertambah. Anggaran penggunaan air

di Malaysia mencecah sehingga 18 bilion m<sup>3</sup> menjelang tahun 2050 berbanding hanya 11 bilion m<sup>3</sup> pada tahun 2000 (EPU, 2000; Abdullah & Zaki, 2013). Air yang dibekalkan kepada pengguna perlu dirawat terlebih dahulu di loji-loji rawatan air (Qasim et al., 2006) mengikut piawaian tertentu untuk memastikan ianya selamat diminum atau digunakan (Bill, 1995; Hamidi, 1999; Srinivasan & Murthy, 1999; Boopathy, 2000). Menurut laporan Organisasi Kesihatan Sedunia (WHO), sehingga tahun 2012, 2.1 juta penduduk dunia telah meninggal disebabkan penyakit diarea serta kolera. Kebanyakan mangsa adalah kanak-kanak berusia di bawah 5 tahun. Sehingga kini, masih terdapat lebih daripada 1.8 billion penduduk pelbagai negara yang gagal menikmati bekalan air bersih dan berkualiti (WHO, 2015).

Di Malaysia terdapat sekitar 400 buah loji rawatan air yang beroperasi di bawah penguasaan kerajaan negeri dan pemilikan swasta. Pada tahun 2000, kerajaan telah memperuntukkan lebih RM2.3 billion untuk projek bekalan air dan kemudahan air terawat (Nor, 2005). Kemudahan ini memberi peluang kepada rakyat untuk menikmati bekalan air bersih dan selamat yang jauh lebih baik berbanding kebanyakan negara membangun lain (Hunter et al, 2009; Rietveld et al., 2009). Namun begitu, sebahagian usaha ini akan terganggu jika sumber air yang ada kini mengalami pencemaran sehingga menjejaskan kualiti, berimpak negatif serta mendatangkan bahaya kepada kesihatan dan persekitaran (Al-shami et al., 2011; Törnqvist et al., 2011).

Pencemaran sumber air bukan isu baru, antara punca yang sering dikaitkan dengan pencemaran adalah buangan sisa kumbahan domestik, perbandaran, industri, pertanian, penternakan, perlombongan, penerokaan hutan dan sebagainya (Azalina et al., 2012; Hossain et al., 2013). Kesan daripada aktiviti ini dapat dilihat dengan jelas apabila air sungai kelihatan keruh, kotor, berbau dan tidak sesuai digunakan untuk banyak aktiviti (Al-shami et al., 2011). Menyedari hakikat ini, tindakan pemeliharaan

dan pemuliharaan segera perlu dilakukan seperti mengawal pencemaran, pembangunan terancang dan pengurusan sumber air secara mampan bagi mengelak pencemaran berterusan serta mengganggu sumber air sedia ada (Pingale et al., 2014). Sungguhpun begitu, keutamaan kepada pembangunan dan perkembangan struktur sosial ekonomi masyarakat telah menjadikan pelaburan terhadap pengurusan sumber air yang berkesan sangat perlahan sehingga menjejaskan kualiti sumber air berkenaan (Ma et al., 2009; Ali, 2013).

Memandangkan kualiti sumber air dan air terawat saling berkait antara satu sama lain, kajian berterusan mengenainya perlu dibuat bagi menilai hubungan atau kesan lain yang mungkin berlaku. Langkah ini perlu dilaksanakan agar tindakan untuk mengawal punca serta jenis pencemaran dapat diambil bagi memelihara sumber air berkenaan dan dalam masa yang dapat menjamin air terawat yang dibekalkan kepada pengguna berkualiti serta selamat.

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Kajian menunjukkan kualiti air terawat mempunyai hubungan yang sangat rapat dengan kualiti air mentah (Barbeau et al., 2005; Drikas et al., 2011). Perubahan persekitaran dan guna tanah di sepanjang koridor serta hilir sungai boleh mempengaruhi kualiti sumber air (Panyapinyopol et al., 2005; Hoo et al., 2006; Li et al., 2014; Shen et al., 2014). Keadaan ini bergantung pada jenis, jumlah serta punca pencemaran di sesuatu kawasan (Naemah et al., 2006; Jessoe, 2013). Apabila pencemaran berlaku ciri fizikal, kimia dan biologi semula jadi air akan berubah, secara tidak langsung akan memberi kesan terhadap proses rawatan air yang dijalankan (Hasan et al., 2011).



Klorin merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan dalam proses rawatan air (Ahmad & Megat, 1997; Lee et al., 2013). Bahan ini berfungsi sebagai pembasmi kuman dan mikroorganisma patogen dalam air (White et al., 1992; Davis & Cornwell, 2008; Li et al., 2013; Jessoe, 2013; Lee et al., 2013). Hampir semua loji rawatan air di Malaysia menggunakan klorin sebagai agen disinfeksi walaupun ada kaedah lain seperti klorin dioksida, ozon, pemanasan dan sinar UV boleh digunakan bagi tujuan tersebut (Sukiman & Pauzi, 1993; USEPA, 2004; Linda et al., 2005; Hua & Reckhow, 2007; Agus et al., 2009; Lyon et al., 2012). Klorin merupakan agen pengoksidaan yang sangat kuat, pantas dan berkesan, disamping kos operasi yang munasabah (Johari, 1994; Ahmad & Megat, 1997; West et al., 1999; Ayyildiz et al., 2009). Namun begitu, kehadiran pelbagai pencemar dalam air khususnya kimia organik dan bukan organik telah menyebabkan tindak balas klorin meningkat sehingga mengurangkan baki klorin bagi tujuan disinfeksi (Hopkins et al., 1993; Dierberg & Kiattisimkul, 1996; Gang et al., 2003; Chang, 2006; Jegatheesan et al., 2009; Bond et al., 2014; Ritson et al., 2014). Tindak balas antara klorin dan pencemar semasa proses pengoksidaan ini disebut sebagai permintaan klorin (Warton et al., 2006; Drikas et al., 2011; Han et al., 2013; Shutova et al., 2014).

Permintaan klorin yang tinggi boleh menyebabkan dos klorin bertambah (Hossain et al., 2007). Penambahan dos klorin secara berlebihan akan menjadikan isi padu air terawat mengandungi sebatian berklorin yang tinggi serta boleh menjejaskan bau dan rasa (Abdullah et al., 2009). Selain itu, klorin juga dikaitkan dengan potensi menjana hasil sampingan disinfeksi atau *disinfection by-product* (DBP) seperti trihalometana (THM), asid haloasetik (HAA), haloasetonitril dan lain-lain lagi (Bond et al., 2014). Menurut Rooks (1974) dan Bellar et al. (1974), DBP merupakan sebatian haloorganik yang bersifat karsinogenik dan mutagenik (Krasner et al., 1989; Black et