

KEBERKESANAN ELEKTRO-PENGGUMPALAN (ALUMINUM DAN FERUM)
BERSAMA PENGGUMPAL KOMPOSIT(POLI ALUMINUM KLORIDA DAN
TEPUNG UBI KAYU) BAGI MERAWAT LARUT LESAPAN

LAILA WAHIDAH BT MOHAMAD ZAILANI

A thesis submitted in

fulfillment of the requirement for the award of the

Degree of Master of Civil Engineering

Faculty of Civil and Environmental Engineering

University Tun Hussein Onn Malaysia

AUGUST 2019

DEDIKASI

Bismillahirrahmanirahim.....

For my beloved husband, my precious little daughter, my lovely mama, siblings and family. Thanks for all their love, support and understanding.

Also for my supervisor and fellow friends for all their guidance and support.

All of you will be always in my heart.....



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUN AMINAH

PENGHARGAAN

ASSALAMUALAIKUM W.B.T

“Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan jalan kebenaran dan cahaya Islam”

Setinggi-tinggi syukur dipanjatkan ke hadrat ilahi kerana dengan izin-Nya dapat saya menyiapkan kajian penyelidikan ini. Juga selawat dan salam ke atas junjungan besar kita Nabi Muhammad S.A.W. Di kesempatan ini saya ingin merakamkan jutaan penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya iaitu Dr Nur Shaylinda bt Mohd Zin atas segala tunjuk ajar, bimbingan dan nasihat yang telah dicurahkan sepanjang menjalankan kajian ini. Beliau sentiasa sabar dalam menyumbangkan idea yang berguna kepada saya serta mengambil berat terhadap perkembangan kerja saya.

Seterusnya saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada juruteknik makmal air sisa, makmal analisis dan makmal alam sekitar UTHM yang tidak jemu-jemu memberi tunjuk ajar cara menggunakan alatan makmal dengan betul dan menyumbangkan idea yang bernas untuk menjayakan kajian ini.

Akhir sekali, tidak akan dilupakan jutaan terima kasih kepada rakan-rakan sepejuangan yang banyak membantu dari segi idea, dorongan mahupun tenaga yang dicurahkan samada secara langsung atau tidak langsung. Segala jasa baik kalian amat saya hargai. Semoga kajian ini dapat membantu dan dimanfaatkan dengan sepenuhnya dan dijadikan panduan dan rujukan kepada mana-mana pihak yang memerlukan.

ABSTRAK

Kaedah elektro-penggumpalan bersama bahan penggumpal komposit telah banyak digunakan untuk merawat larut lesapan antaranya menggunakan kepelbagaian elektrod. Kepelbagaian elektrod merupakan salah satu faktor yang penting terhadap keberkesanan penyingkiran parameter di dalam proses EC. Kepentingan kajian ini dijalankan adalah untuk mengkaji keberkesanan penggunaan elektrod yang berbeza bersama bahan penggumpal komposit iaitu poli aluminum klorida dan tepung ubi (PACTF) menggunakan kaedah elektro-penggumpalan bagi merawat larut lesapan. Terdapat tiga objektif utama di dalam kajian ini iaitu objektif pertama merangkumi penentuan optimum terhadap ketumpatan arus elektrik, masa tindakbalas dan pH bagi empat keadaan elektrod (Al/Al , Fe/Fe , Al^+/Fe^- , Fe^+/Al^-). Objektif kedua merangkumi penentuan percampuran dos optimum bahan penggumpal komposit (PACTF) bersama elektro-penggumpalan. Manakala objektif ketiga ialah mengkaji struktur pembentuk mendakan/flok pada keadaan optimum dua peringkat penggumpalan menggunakan analisis SEM dan EDX. Di dalam, kajian ini, prosedur kajian telah dijalankan menggunakan 750ml sampel larut lesapan dengan menggunakan pembekal arus elektrik (DC) sebagai pembekal arus bagi empat keadaan susunan elektrod. Bahan penggumpal komposit iaitu PACTF digunakan sebagai bahan percampuran bersama didalam dua peringkat penggumpalan (EC+ penggumpalan kimia). Hasil kajian yang diperolehi mendapati penggunaan elektrod Al^+/Fe^- menunjukkan peratusan penyingkiran tertinggi dengan menyingkirkan egen pencemaran seperti pepejal terampai, warna, permintaan oksigen kimia (COD), ammonia serta kekeruhan masing-masing sebanyak 94%, 91%, 60%, 15% dan 85% pada keadaan optimum ketumpatan arus 250 A/m^2 , masa tindakbalas 25 minit pada keadaan optimum pH 5. Bagi percampuran dos PACTF mendapati penggunaan elektrod Al^+/Fe pada 300 mg/L dos optimum menunjukkan peratus penyingkiran tertinggi dengan peratusan penyingkiran pepejal terampai, warna, COD, ammonia serta kekeruhan masing-masing 96%, 95%, 71%, 24%, dan 78%. Selain itu, analisa SEM dan EDX mencatatkan $\text{EC}_{\text{Al}/\text{Fe}}$ menunjukkan struktur serta morfologi yang lebih baik bagi elektro-penggumpalan tanpa

bahan komposit manakala bagi elektro-penggumpalan bersama bahan komposit, $PACTF_{Al/Fe}$ dan $PACTF_{Al/Al}$ merekodkan struktur morfologi yang baik iaitu mempunyai permukaan yang lebih licin serta struktur yang lebih terbuka (liang dan pori). Kesimpulan keseluruhan kajian mendapati bahawa elektrod Al/Fe menunjukkan prestasi yang lebih baik berbanding elektrod yang lain samaada di dalam proses elektro-penggumpalan tanpa penggumpal komposit ataupun bersama percampuran bahan penggumpal komposit iaitu PACTF.



PTTHM
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

ABSTRACT

Electro-coagulation method with combination of composite coagulant are widely used for leachate treatment with combination different electrode. The main of this research was conducted is to indentified the potential or effectiveness using different electrode with combination composite coagulant (poly aluminium chloride and tapioca flour) and electro-coagulation for leachate treatment. There are three main parts in this study, to determine optimum condition for four different electrode arrangement. (Al/Al, Fe/Fe, Al^+/Fe^- , Fe^+/Al^-) which is optimum current density, optimum reaction time and optimum pH for four electrode arrangement. Second part of this study is to determine the optimum dose of composite coagulant (PACTF) with electrocoagulation process.. Finally, the third part is , to analyze the structure of floc/sludge produced from optimum condition of two stages coagulation using SEM and EDX.. The results was obtained based on the electro-coagulation processes indicate that Al^+/Fe^- electrodes show higher percentages removal on the removing pollutant agents by removing of SS, color, COD, ammonia and turbidity, 94%, 91%, 60%, 15% and 85% respectively. Optimum value of density were $250A / m^2$, 25 minute reaction time and optimum pH 5. For combination PACTF with electrocoagulation, shows that Al^+/Fe^- electrodes effective at 300 mg / L optimum dosage with the removal percentage of suspended solids, color, COD, ammonia and turbidity 96%, 95%, 71%, 24%, and 78% respectively. For aspect analysis the structure of floc/sludge show decreased. Other than that, SEM and EDX analysis recorded element $EC_{Al/Fe}$ show a better structure arrangement and morphology for electrocoagulation process without composite coagulant meanwhile for combination EC with composite coagulant recorded element $PACTF_{Al/Fe}$ dan $PACTF_{Al/Al}$ have better structure arrangement and morphology which is have smoother surfaces and structure consist more open pores. The conclusion for this research are found that Al/Fe electrode show better potential than other electrode with single EC without composite or with combination EC with PACTF.

ISI KANDUNGAN

PENGHARGAAN		iv
ABSTRAK		v
ABSTRACT		vii
ISI KANDUNGAN		viii
SENARAI JADUAL		xii
SENARAI RAJAH		xiv
BAB 1	PENDAHULUAN	1
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Permasalahan	4
	1.3 Objektif Kajian	7
	1.4 Skop Kajian	8
	1.5 Kepentingan Kajian	9
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	10
	2.1 Pengenalan	10
	2.2 Sisa pepejal dan Pengurusan Sisa Pepejal	11
	2.3 Larut Lesapan	14
	2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kualiti Larut Lesapan	19
	2.5 Rawatan Larut Lesapan di Tapak Pelupusan	21
	2.5.1 Rawatan Biologi	23
	2.5.2 Rawatan Fizikal Dan Kimia	23
	2.6 Penggumpalan	24
	2.7 Jenis Bahan Penggumpal dan Keberkesananya	25
	2.7.1 Bahan Penggumpal Semulajadi	25
	2.7.2 Bahan Penggumpal Kimia	29
	2.7.3 Bahan Penggumpal Komposit	31
	2.8 Elektro-penggumpalan	32

2.9	Aplikasi Kaedah Elektro- Penggumpalan (Industri Rawatan Air Sisa)	37
2.10	Aplikasi Kaedah Elektro- Penggumpalan Dalam Larut Lesapan	38
2.11	Dua Peringkat Penggumpalan Kimia Dan Elektro- Penggumpalan	39
2.12	Pengaruh Jenis Elektrod Terhadap keberkesanan kaedah elektro-penggumpalan	39
2.13	Piawaian Kualiti Efluen Larut Lesapan	43
2.14	Kesimpulan	44

BAB 3 KAJIAN METODOLOGI 45

3.1	Pengenalan	45
3.2	Carta Aliran	46
3.3	Lokasi Tapak Kajian	47
3.4	Pengambilan Dan Penyimpanan Sampel	48
3.5	Peralatan dan Reagen Kimia	50
3.6	Penyediaan Elektrod	51
3.7	Penyediaan Bahan Komposit (PAC+TF)	52
3.8	Sistem Elektro- Penggumpalan	53
3.9	Dua Peringkat Gabungan Penggumpalan Kimia dan Elektro- Penggumpalan	55
3.10	Analisis Penentuan Optimum	55
3.10.1	Penentuan Optimum Ketumpatan Arus Elektrik	57
3.10.2	Penentuan optimum masa tindakbalas	58
3.10.3	Penentuan pH optimum	59
3.10.4	Penentuan optimum dos Tepung Ubi Kayu dan Poli Aluminium Klorida	60
3.11	Mekanisma Penyingkiran Mendakkan/Flok	61
3.12	Prosedur Analisis	63
3.12.1	Keperluan Oksigen Kimia (COD) (Kaedah HACH : 8000)	63
3.12.2	Pepejal Terampai (SS) (ALPHA 2540D)	64

3.12.3	Ammonia Nitrogen (NH ₃ -N) (APHA 4500 NH ₃ B	64
3.12.4	Kekeruhan (Kaedah Radiasi - Kaedah 8237)	64
3.12.5	Analisis Warna (Kaedah HACH: Kaedah Standard Platinum Kobalt, berdasarkan APHA 2120 C)	65
3.12.6	Analisis pH (kaedah APHA 2540 D)	65
BAB 4	ANALISIS DAN PERBINCANGAN	66
4.1	Komposisi larut lesapan di tapak pelupusan sanitari Simpang Renggam (TPSSR)	67
4.2	Sistem Elektro-penggumpalan	68
4.3	Rawatan Elektro-penggumpalan menggunakan elektrod (Al /Al)	69
4.3.1	Penentuan Nilai Optimum Ketumpatan Arus Elektrik	69
4.3.2	Penentuan Nilai Masa Tindakbalas	71
4.3.3	Penentuan Nilai Optimum pH	72
4.4	Rawatan Elektro-penggumpalan menggunakan elektrod (Fe/Fe)	74
4.4.1	Penentuan Nilai Optimum Ketumpatan Arus Elektrik	74
4.4.2	Penentuan Nilai Masa Tindakbalas	76
4.4.3	Penentuan Nilai Optimum pH	78
4.5	Rawatan Elektro-penggumpalan menggunakan elektrod (Al ⁺ /Fe ⁻)	80
4.5.1	Penentuan Nilai Optimum Ketumpatan Arus Elektrik	80
4.5.2	Penentuan Nilai Masa Tindakbalas	82
4.5.3	Penentuan Nilai Optimum pH	83
4.6	Rawatan Elektro-penggumpalan menggunakan elektrod (Fe ⁺ /Al ⁻)	86
4.6.1	Penentuan Nilai Optimum Ketumpatan Arus Elektrik	86
4.6.2	Penentuan Nilai Masa Tindakbalas	87

4.6.3	Penentuan Nilai Optimum pH	89
4.7	Penentuan dos bahan penggumpal komposit PACTF (mg/l) optimum ⁻	91
4.7.1	Penentuan dos PACTF (mg/l) optimum menggunakan (Al/Al)	92
4.7.2	Penentuan dos PACTF (mg/l) optimum menggunakan (Al ⁺ /Fe ⁻)	95
4.7.3	Penentuan dos PACTF (mg/l) optimum menggunakan (Fe/Fe)	98
4.7.4	Penentuan dos PACTF (mg/l) optimum menggunakan (Fe ⁻ / Al ⁺)	101
4.8	Analisis pengaruh elektrod terhadap kecekapan penyingkiran parameter	105
4.8.1	Pengaruh ketumpatan arus elektrik bagi elektrod (Al/Al), (Al ⁺ /Fe ⁻), (Fe/Fe), (Fe ⁺ /Al ⁻)	105
4.8.2	Pengaruh masa tindakbalas bagi elektrod (Al/Al), (Al ⁺ /Fe ⁻), (Fe/Fe), (Fe ⁺ /Al ⁻)	110
4.8.3	Pengaruh pH bagi elektrod (Al/Al), (Al ⁺ /Fe ⁻), (Fe/Fe), (Fe ⁺ /Al ⁻)	114
4.9	Analisis Mekanisma PeNukuran SEM / EDX	119
BAB 5	KESIMPULAN	127
5.1	Pengenalan	127
5.2	Kesimpulan Objektif 1	128
5.3	Kesimpulan Objektif 2	129
5.4	Kesimpulan Objektif 3	130
5.5	Cadangan Kajian	131
	RUJUKAN	132
	LAMPIRAN	144

SENARAI JADUAL

Jadual 2.1	Ringkasan tapakpelupusan sisa pepejal di malaysia	12
Jadual 2.2	Ciri-ciri larut lesapan mentah	14
Jadual 2.3	Ciri-ciri tapak pelupusan larut resapan dan usia tapak pelupusan	15
Jadual 2.4	Kandungan parameter dalam larut lesapan	17
Jadual 2.5	Kaedah rawatan di tapak pelupusan larut resapan	21
Jadual 2.6	Komposisi tepung ubi kayu (Oladunmoye et.al 2014)	26
Jadual 2.7	Komposisi kimia tepung ubi kayu(Oladunmoye et.al 2014)	27
Jadual 2.8	Komposisi PAC (Noviani 2012)	29
Jadual 2.9	Peratus penyingkiran sampel larut lesapan menggunakan kaedah elektro-penggumpalan	34
Jadual 2.10	Peratus penyingkiran air sisa menggunakan elektro-penggumpalan	35
Jadual 2.11	Keberkesanan penggunaan elektrod di dalam rawatan air sisa	41
Jadual 3.1	Pengambilan dan penyimpanan sampel	47
Jadual 3.2	Peralatan dan jenis reagen kimia	48
Jadual 3.3	Parameter dan alatan kajian	49
Jadual 3.4	Rawatan air larut lesapan bagi nilai arus elektrik optimum	54
Jadual 3.5	Rawatan air larut lesapan bagi nilai masa tahanan optimum	55
Jadual 3.6	Rawatan air larut lesapan bagi nilai pH optimum	56
Jadual 3.7	Percampuran dos PACTS	57
Jadual 3.8	Susunan sampel bagi pengujian SEM	59
Jadual 4.1	Ciri-ciri larut lesapan mentah daripada TPSSR	65
Jadual 4.2	Peratusan penyingkiran terhadap ketumpatan arus elektrik, masa tindakbalas dan pH menggunakan Al/Al sebagai elektrod penggumpal	71
Jadual 4.3	Peratusan penyingkiran terhadap ketumpatan arus elektrik, masa tindakbalas dan pH menggunakan Fe/Fe sebagai elektrod penggumpal	76

Jadual 4.4	Peratusan penyingkiran terhadap ketumpatan arus elektrik, masa tindakbalas dan pH menggunakan Al/Fe sebagai elektrod penggumpal	82
Jadual 4.5	Peratusan penyingkiran terhadap ketumpatan arus elektrik, masa tindakbalas dan pH menggunakan Fe/Al sebagai elektrod penggumpal	87
Jadual 4.6	Penentuan optimum elektro-penggumpalan tanpa bahan komposit bagi elektrod Al/Al	88
Jadual 4.7	Peratusan penyingkiran elektro-penggumpalan tanpa bahan komposit dan elektro-penggumpalan bersama bahan komposit (Al/Al)	90
Jadual 4.8	Penentuan optimum elektro-penggumpalan tanpa bahan komposit bagi elektrod Al/Fe	91
Jadual 4.9	Peratusan penyingkiran elektro-penggumpalan tanpa bahan komposit dan elektro-penggumpalan bersama bahan komposit (Al/Fe)	93
Jadual 4.10	Penentuan optimum elektro-penggumpalan tanpa bahan komposit bagi elektrod Fe/Fe	93
Jadual 4.11	Peratusan penyingkiran elektro-penggumpalan tanpa bahan komposit dan elektro-penggumpalan bersama bahan komposit (Fe/Fe)	95
Jadual 4.12	Penentuan optimum elektro-penggumpalan tanpa bahan komposit bagi elektrod Fe/Al	96
Jadual 4.13	Peratusan penyingkiran elektro-penggumpalan tanpa bahan komposit dan elektro-penggumpalan bersama bahan komposit (Fe/Al)	98
Jadual 4.14	Ringkasan analisis dan perbincangan	99

SENARAI RAJAH

Rajah 2.1	Imbasan SEM tepung ubikayu	2
Rajah 2.2	Struktur Dimeric Dan Polimer $Al_3 + Hydroxo$ Kompleks	39
Rajah 3.1	Carta Aliran Kajian	44
Rajah 3.2	Pelan Tapak Pelupusan pelupusan sanitari Simpang Renggam	45
Rajah 3.3	Kolam tadahan larut lesapan	46
Rajah 3.4	Empat jenis susunan elektrod	50
Rajah 3.5	Rajah Skematik Penyediaan PACTF	50
Rajah 3.6	Rajah skematik proses elektro-pengumpulan menggunakan Al/Fe Elektrod	51
Rajah 3.7	Carta Aliran Penentuan Optimum Elektro-Penggumpalan	54
Rajah 3.8	Peralatan SEM	60
Rajah 4.1	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum menggunakan elektrod Al-Al	68
Rajah 4.2	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa tindakbalas optimum menggunakan elektrod Al-Al	70
Rajah 4.3	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan pH menggunakan elektrod Al-Al	71
Rajah 4.4	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum menggunakan elektrod Fe/Fe	73
Rajah 4.5	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai,	75

	nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa tindakbalas optimum menggunakan elektrod Fe/Fe	
Rajah 4.6	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, ammonia dan COD bagi penentuan pH menggunakan elektrod Fe/Fe	77
Rajah 4.7	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum menggunakan elektrod Al/Fe	79
Rajah 4.8	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa tindakbalas optimum menggunakan elektrod Al/Fe	81
Rajah 4.9	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan pH menggunakan elektrod Al/Fe	82
Rajah 4.10	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum menggunakan elektrod Fe/Al	85
Rajah 4.11	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa tindakbalas optimum menggunakan elektrod Fe/Al	87
Rajah 4.12	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan pH menggunakan elektrod Fe/Al	88
Rajah 4.13	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, ammonia dan COD bagi optimum dos PACTF menggunakan elektrod (Al/Al)	92
Rajah 4.14	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, ammonia dan COD bagi optimum dos PACTF menggunakan elektrod (Al/Fe)	94
Rajah 4.15	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, ammonia dan COD bagi optimum dos PACTF menggunakan elektrod (Fe/Fe)	98
Rajah 4.16	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, ammonia dan COD bagi optimum dos PACTF menggunakan elektrod (Fe/Al)	101

Rajah 4.17	Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	105
Rajah 4.18	Peratus penyingkiran kekeruhan, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	106
Rajah 4.19	Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	106
Rajah 4.20	Peratus penyingkiran ammonia, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)),	107
Rajah 4.21	Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	107
Rajah 4.22	Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	109
Rajah 4.23	Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al),	110
Rajah 4.24	Peratus penyingkiran kekeruhan, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	110
Rajah 4.25	Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	111
Rajah 4.26	Peratus penyingkiran ammonia, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	111
Rajah 4.27	Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap pH tindakbalas dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	114
Rajah 4.28	Peratus penyingkiran kekeruhan, terhadap penentuan pH dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	114
Rajah 4.29	Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan masa dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	115
Rajah 4.30	Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan Ph dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	115
Rajah 4.31	Peratus penyingkiran ammonia, terhadap penentuan pH dengan menggunakan elektrod (Al/Al),(Fe/Fe),(Al/Fe),(Fe/Al)	116

Rajah 4.32	Larut Lesapan mentah	119
Rajah 4.33	EC tanpa bahan komposit pada pembesaran imej 100SEx500um ($EC_{Al/Al}$ $EC_{Fe/Fe}$, $EC_{Al/Fe}$ dan $EC_{Fe/Al}$)	119
Rajah 4.34	EC tanpa bahan komposit pada pembesaran imej 32SEx1.00mm ($EC_{Al/Al}$ $EC_{Fe/Fe}$, $EC_{Al/Fe}$ dan $EC_{Fe/Al}$)	120
Rajah 4.35	EC dengan bahan komposit pada pembesaran imej 100SEx500um ($PACTF_{Fe/Fe}$, $PACTF_{Al/Fe}$ dan $PACTF_{Al/Al}$ dan $PACTF_{Fe/Al}$)	121
Rajah 4.36	EC tanpa bahan komposit pada pembesaran imej 32SEx1.00mm ($PACTF_{Fe/Fe}$, $PACTF_{Al/Fe}$ dan $PACTF_{Al/Al}$ dan $PACTF_{Fe/Al}$)	123



BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Pada masa kini, dunia mengalami kepesatan dalam industri pembangunan dan juga populasi manusia. Malaysia juga tidak terkecuali di dalam mengalami arus pemodenan ini. Perubahan ekonomi dunia dan pembangunan yang semakin pesat bagi memenuhi keperluan penduduk, meliputi kawasan bandar dan juga luar bandar. Kawasan bandar merupakan kawasan yang mempunyai akses yang baik dari segi perkhidmatan sosial dan juga peluang ekonomi. Ini menyebabkan peratusan sisa pepejal yang dihasilkan semakin meningkat sejajar dengan peningkatan populasi manusia. Pertumbuhan bidang industri dan komersial tidak terkecuali juga ibarat cendawan tumbuh selepas hujan memberikan kesan dalam peningkatan di dalam penghasilan sisa pepejal perbandaran dan perindustrian.

Secara amnya, sisa pepejal merupakan sisa buangan yang berasal daripada sampah sarap serta bahan buangan yang tidak lagi digunakan mahupun dilupuskan. Dianggarkan pada tahun 2016 berjumlah 31.7 juta penduduk Malaysia meningkat sebanyak 0.5 juta berbanding 31.2 juta orang pada 2015 dengan kadar pertumbuhan penduduk tahunan 1.5 peratus bagi tempoh yang sama (Jabatan Perangkaan Malaysia 2016). Peningkatan populasi penduduk akan meningkatkan jumlah sisa pepejal yang dihasilkan. Terdapat pelbagai kaedah yang digunakan dalam pengurusan sisa pepejal antaranya ialah kaedah tapak pelupusan sampah. Di Malaysia, terdapat lebih kurang 269 tapak pelupusan telah

dibuka (NSWND, 2016). Antaranya mempunyai kolam sanitari untuk merawat larut lesapan yang terhasil daripada kaedah penimbunan sisa pepejal. Selain daripada itu, sebahagian tapak pelupusan sampah di Malaysia merupakan tapak pelupusan yang mempunyai kawasan lambakan terbuka yang menyebabkan penghasilan larut lesapan. Ini sekaligus menyebabkan tapak pelupusan terdedah kepada air hujan. Secara teorinya tapak pelupusan yang melebihi 10 tahun mempunyai ciri larut lesapan yang tinggi dengan bahan organik, kandungan nitrogen (terutamanya ammonia atau nitrogen), pepejal, hidrokarbon terhalogen, garam bukan organik dan logam berat (Tatsi et al. 2003). Malah, komponen ion nitrogen ammonia yang terhasil dari tapak pelupusan akan menjadi toksik kepada hidupan akuatik sekiranya kehadiran nitrogen ammonia dikesan pada nilai pH yang tinggi. Kesan daripada faktor di atas akan memberi impak yang negatif kepada kualiti alam sekitar terutamanya kepada tanah, air bawah tanah dan juga air permukaan di sekitar tapak pelupusan tersebut.

Larut lesapan dihasilkan melalui air hujan yang turun di kawasan tapak pelupusan sampah kemudiannya sisa pepejal yang telah ditimbus mengalami pecahan seterusnya menghasilkan satu cecair iaitu larut lesapan yang meresap masuk ke dalam air bawah tanah. Ini menjadi kebimbangan kerana pencemaran air boleh berlaku apabila sisa pepejal diletakkan berdekatan dengan permukaan tanah dan apabila berlakunya aliran yang tidak terkawal dari sisa pepejal ke air permukaan ataupun air bawah tanah. Larut lesapan yang memasuki air permukaan boleh menyebabkan kualiti bekalan air tercemar. Malahan jika situasi ini berlaku dan tidak dipantau oleh pihak yang sepatutnya, ianya akan memberi impak yang negatif kepada kualiti alam sekitar terutamanya kepada tanah, air bawah tanah dan juga air permukaan di sekitar tapak pelupusan sampah tersebut.

Berdasarkan kepada Farquhar (1989), keadaan cuaca di tapak pelupusan sampah mempengaruhi kadar penjanaan larut lesapan. Lokasi sesebuah tapak pelupusan yang terletak di kawasan curahan air hujan yang tinggi dijangka mampu menghasilkan lebih banyak larut lesapan, ini kerana penjanaan larut lesapan saling berhubungkait dengan kuantiti air hujan akan tetapi terdapat beberapa penyelesaian boleh digunakan bagi mengawal kuantiti larut lesapan antaranya ialah meletakkan penutup vegetatif di atas permukaan tapak pelupusan. Larut lesapan yang terhasil memerlukan rawatan yang bersesuaian sebelum dilepaskan ke sungai atau laut. Larut lesapan yang dilepaskan mestilah memenuhi standard piawaian yang dibenarkan bagi mengelakkan pencemaran air berlaku. Menurut Sara and Andrew (2015), rawatan

larut lesapan di tapak pelupusan sampah merupakan cabaran utama kejuruteraan disebabkan komposisi larut lesapan yang mempunyai larutan kepekatan yang tinggi dan sering berubah-ubah bergantung kepada pepejal yang terlarut serta kandungan larutan organik, koloid dan logam berat. Terdapat pelbagai kaedah rawatan yang digunakan untuk merawat larut lesapan antaranya ialah rawatan biologi serta rawatan fizikal dan kimia (Fatimah, 2015). Kaedah rawatan biologi sangat berkesan bagi rawatan larut lesapan muda sementara keupayaan rawatan mula berkurangan bagi larut lesapan lama atau tua akibat rintangan bahan enapcemar untuk proses biodegradasi (Hasar et al. 2009).

Menurut Gao et al. (2015), kesan rawatan biologi bergantung kepada faktor-faktor seperti keadaan rawatan, suhu, pH, jenis mikroorganisma dan makanan. Kaedah rawatan biologi terbahagi kepada dua kategori iaitu aerobik dan anaerobik. Menurut Bashir et al. (2014) pula, larut lesapan tua atau matang menggunakan rawatan fizikal kimia adalah lebih baik kerana kebanyakan larut lesapan tua dan matang mengandungi bahan-bahan kitar semula yang kurang biodegradasi. Pemilihan sistem rawatan yang efektif dan sistematik amat penting bagi memastikan efluen yang terhasil dapat dirawat dengan sebaiknya sebelum dialirkan keluar ke sungai. Rawatan menggunakan elektro-penggumpalan mula dikenali kerana lebih mudah dijalankan manakala prosesnya menggunakan fenomena kimia dan fizikal dan ianya sangat bersesuaian untuk merawat larut lesapan di mana proses elektro-penggumpalan menggunakan elektrod-elektrod untuk membekalkan ion-ion ke dalam aliran air sisa (Ni'am et al. 2007).

Proses elektro-penggumpalan adalah proses yang efektif untuk menstabilkan zarah-zarah halus yang berselerak melalui penyingkiran hidrokarbon, pepejal terampai dan logam-logam berat dari jenis larut lesapan yang berbeza mengikut kematangan larut lesapan tersebut. Setiap kaedah rawatan yang digunakan di dalam merawat larut lesapan adalah bergantung kepada komposisi dan juga ciri-ciri larut lesapan. Dengan adanya teknologi terkini, maka banyak kaedah rawatan terbaru telah dihasilkan bagi merawat air larut lesapan di samping mampu mengurangkan masalah dari segi kos dan juga pencemaran kepada alam sekitar.

1.2 Permasalahan

Di Malaysia, pencemaran larut lesapan merupakan masalah utama yang perlu ditangani kerana populasi penduduk di Malaysia semakin meningkat. Berdasarkan kepada Jabatan Perangkaan Malaysia (2016), jumlah penduduk Malaysia adalah dianggarkan meningkat dengan jumlah sebanyak 31.7 juta orang berbanding 31.2 juta orang pada 2015. Ini sekaligus menyebabkan penghasilan sisa pepejal semakin meningkat seterusnya boleh menyebabkan penghasilan larut lesapan yang tidak terkawal. Bagi mengurangkan kesan pencemaran akibat penyerapan larut lesapan ke dalam tanah, air bawah tanah dan air permukaan, pengurusan sisa pepejal yang mampan dan olahan larut lesapan yang efektif perlu diberi perhatian yang serius. Untuk merawat olahan larut lesapan, pemilihan kaedah olahan yang sesuai amat penting bagi mengurangkan kos operasi tanpa menjejaskan kualiti efluen larut lesapan kerana kualiti larut lesapan akan berubah-ubah antara satu tapak ke tapak pelupusan yang lain. Oleh yang demikian, satu kajian perlu dilakukan untuk mengkaji dan menilai kaedah olahan yang lebih mudah, murah serta bersepadu bersesuaian dengan persekitaran di Malaysia.

Olahan biologi adalah kaedah konvensional yang biasanya digunakan untuk larut lesapan baru yang mengandungi kadar pembiorosotan yang tinggi (Hasar et al. 2009). Namun kepekatan logam berat akan merencatkan kecekapan olahan biologi. Oleh itu, olahan fizikal-kimia perlu dilakukan sebagai pra-olahan sebelum olahan biologi dilaksanakan. Selain olahan biologi, olahan fizikal-kimia seperti penggumpalan-pengelompokan juga biasa digunakan untuk olahan larut lesapan yang baru. Menurut Ntampou et al. (2005) dan Tatsi et al. (2003) olahan penggumpalan-pengelompokan berkesan untuk menyingkirkan pepejal terampai, koloid, warna, permintaan oksigen kimia (COD) dan nitrogen ammonia dalam larut lesapan muda. Proses elektro penggumpalan merupakan kaedah di dalam olahan fizikal-kimia yang turut digunakan bagi merawat larut lesapan. Antara kajian penyelidikan terdahulu iaitu Li et al. (2011) menggunakan elektrod ferum dan aluminium sebagai elektrod utama di dalam kajiannya bagi melihat kecekapan keberkesanan penyingkiran terhadap COD dan ammonia. Malahan Mosaumeh (2012) turut menyatakan bahawa kaedah rawatan elektro-penggumpalan menggunakan elektrod ferum telah menyingkirkan hampir 81% bagi penyingkiran COD. Kajian yang telah dijalankan oleh Jumaah (2015) turut

menyatakan bahawa penggunaan elektrod komposit iaitu arang kayu sebagai anod manakala elektrod keluli tahan karat sebagai katod turut menunjukkan potensi yang lebih terhadap penyingkiran COD dan ammonia sebanyak 82% dan 69%. Kaedah menggunakan elektro penggumpalan didalam merawat larut lesapan telah banyak dipraktikkan sebagai kaedah yang sesuai di dalam merawat olahan larut lesapan lama. Kaedah rawatan elektro – penggumpalan menggunakan kepelbagaian elektrod memberi kesan yang berbeza-beza kepada peratus penyingkiran larut lesapan. Ini dapat dibuktikan dengan merujuk kepada Engehardt (2007), elektrod keluli tahan karat paling memberi kesan kepada penyingkiran COD dan ammonia. Selain daripada itu, menurut Zalechi et al. (2012) kaedah dua peringkat gabungan di antara elektro-penggumpalan dan penggumpalan kimia menggunakan elektrod yang berbeza memberi kesan yang efektif kepada keberkesanan penyingkiran olahan larut lesapan. Akan tetapi, elektro-penggumpalan dan penggumpal bahan kimia turut memberikan kesan yang negatif jika penggunaan bahan penggumpal kimia digunakan secara berlebihan semasa rawatan air sisa dijalankan malahan penggunaan bahan kimia di dalam penggumpal kima itu sendiri akan turut memberi kesan terhadap kualiti air sisa selepas rawatan dijalankan. Oleh kerana itu, kajian gabungan penggunaan bahan penggumpal komposit di dalam proses elektro- penggumpalan dan penggumpal kimia telah dikaji untuk digunakan bagi merawat larut lesapan. Kaedah gabungan ini memberi kesan yang positif kerana bahan penggumpal komposit mengandungi dua bahan yang baik iaitu bahan organik dan juga bukan organik.

Terdapat beberapa kajian yang menunjukkan bahawa gabungan proses elektro-penggumpalan bersama percampuran bahan penggumpal komposit berpotensi sebagai salah satu faktor di dalam peningkatan peratusan penyingkiran. Antara kajian yang dijalankan adalah kajian daripada Ali et al. (2016) dengan menggunakan *Ocimum basilicum L* sebagai bahan penggumpal semulajadi yang aktif dan telah digunakan dengan kombinasi dengan alum untuk larut lesapan pra-rawatan dan kajian merekodkan terdapat peningkatan dari segi peratusan penyingkiran warna serta COD. Ini sekaligus memberikan gambaran bahawa penggumpal komposit mempunyai potensi yang tersendiri bergantung kepada ciri-ciri yang dimilikinya. Di dalam kajian ini, faktor utama yang ingin dikaji ialah melihat keberkesanan elektrod yang berbeza di dalam kaedah gabungan dua peringkat menggunakan kaedah elektro-penggumpalan dengan bahan penggumpal komposit iaitu poli aluminium klorida dan tepung ubi (PAC dan TF). Bahan penggumpal PAC dan TF merupakan bahan

penggumpal komposit iaitu kombinasi campuran penggumpal kimia dan penggumpal semulajadi. Ianya mempunyai elemen yang berbeza iaitu bahan penggumpal PAC lebih cenderung digunakan berbanding alum kerana sifatnya kurang berasid, manakala TF pula merupakan bahan penggumpal semulajadi. Struktur kanji ubi kayu membantu sebagai bahan penggumpal atau penggumpal di dalam rawatan air sisa (Bratby, 2005) sekaligus sesuai digunakan bersama bahan penggumpal kimia. Ianya Kaedah ini dicadangkan kerana kaedah ini mempunyai kelebihan berbanding kaedah yang lain. Elektro-penggumpalan merupakan kaedah yang terbaru yang berpotensi digunakan dalam merawat larut lesapan yang mempunyai usia melebihi 10 tahun malahan kaedah ini mempunyai kelebihan antaranya ialah menggunakan peralatan yang mudah didapati, seperti elektrod serta mengurangkan kuantiti mendakan semasa rawatan.

Akan tetapi ianya juga mempunyai kekurangan iaitu proses EC yang dijalankan menggunakan elektrod sahaja tanpa bantuan bahan penggumpal tambahan menunjukkan hasil penyingkiran yang lebih rendah berbanding EC bersama bahan penggumpal kimia, semulajadi mahupun komposit. Hasil kajian yang lepas mendapati kaedah elektro-penggumpalan mempunyai kelebihan dalam mengurangkan penghasilan pepejal terampai berbanding kaedah penggumpalan kimia. Tetapi di dalam kajian ini, pergabungan bersama penggumpalan kimia bagi elektrod yang berbeza dicadangkan kerana menggunakan elektrod yang berbeza mampu memberi kesan kepada kebolehecapan penyingkiran. Pada masa kini, penggunaan bahan penggumpal komposit masih lagi dikaji bagi merawat larut lesapan. Antara ialah kajian daripada Zin et al. (2018) yang menyatakan penggunaan bahan penggumpal komposit (Poliferric klorida dan tepung ubi) berpotensi di dalam keberkesanan penyingkiran pepejal terampai, COD dan warna melebihi 50% penyingkiran. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi melihat keupayaan dan keberkesanan menggunakan kepelbagaian elektrod di dalam melihat peratusan penyingkiran terhadap kekeruhan, warna, nitrogen ammonia, pepejal terampai dan COD untuk memenuhi standard piawaian pelepasan larut lesapan yang dibenarkan.

1.3 Objektif Kajian

Objektif utama kajian ini adalah untuk mengkaji keberkesanan elektrod yang berbeza bagi dua peringkat penggumpalan iaitu gabungan pencampuran bahan penggumpal komposit (PACTF) di dalam proses elektro - penggumpalan. Bagi mencapai objektif tersebut, beberapa fasa kajian dijalankan merangkumi objektif-objektif seperti berikut:

1. Menentukan nilai optimum bagi prestasi elektro-penggumpalan menggunakan elektrod yang berbeza terhadap kecekapan penyingkiran permintaan oksigen kimia (COD), kekeruhan, warna, nitrogen ammonia (NH_3) dan pepejal terampai dibawah pengaruh ketumpatan arus elektrik, pH dan masa tindakbalas tanpa kehadiran bahan penggumpal komposit.
2. Menentukan dos optimum bahan penggumpal komposit (PACTF) terhadap kecekapan penyingkiran permintaan oksigen kimia (COD), warna, kekeruhan dan nitrogen ammonia (NH_3), pepejal terampai bagi empat jenis elektrod yang berbeza iaitu (Al / Al), (Fe/Fe), (Al^+/Fe^-), (Fe^+/Al^-) pada keadaan optimum elektro-penggumpalan.
3. Mengkaji struktur pembentukan mendakkan/ flok pada keadaan optimum dua peringkat penggumpalan menggunakan analisis SEM dan EDX.



1.4 Skop Kajian

Kajian ini menfokuskan kepada olahan larut lesapan di tapak pelupusan sanitari Simpang Renggam, Johor. Dalam kajian ini, kaedah dua peringkat penggumpalan yang terdiri daripada elektro-penggumpalan dan penggumpalan kimia digunakan bagi merawat sampel larut lesapan. Skop kajian adalah merangkumi analisis dari segi peratusan penyingkiran bagi parameter seperti permintaan oksigen kimia (COD), warna, kekeruhan dan ammonia nitrogen (NH_3) dan pepejal terampai. Di dalam kajian ini, pembolehubah yang digunakan ialah jenis elektrod yang berbeza seperti aluminium dan ferum dibawah pengaruh ketumpatan arus elektrik, pH dan masa tindak balas tanpa kehadiran penggumpal komposit. Selain daripada itu, kajian ini menganalisis perbandingan kecekapan penyingkiran bagi dos pencampuran bahan penggumpal komposit iaitu poli aluminium klorida (PAC) dan tepung ubi kayu (TF) dalam proses elektro -penggumpalan dan penggumpalan kimia bagi jenis elektrod yang berbeza iaitu (Al /Al) , (Fe/Fe), (Al^+/Fe^-) , (Fe^+/Al^-) . Bahan penggumpal yang digunakan adalah yang telah sedia dibancuh serta skop kajian menjurus kepada penentuan nilai optimum dos percampuran PACTF bersama proses elektro-penggumpalan. Data yang diperolehi di akhir kajian dianalisis untuk melihat perubahan serta keberkesanan peratus penyingkiran bagi parameter di atas. Di akhir kajian, struktur pembentukan mendakan/flok akan dikaji menggunakan analisis SEM dan EDX pada keadaan optimum dua peringkat penggumpalan yang akan ditentukan.

RUJUKAN

- Abd. Kadir, A., Mustafa, M., Bakri, A., Sandu, A. V., Noor, N. M., Lisanah, A., Hussin, K. (2014). Usage of Palm Shell Activated Carbon To Treat Landfill Leachate. *International Journal of Conservation Science*, 5(1), 117–126.
- Adhoum, N., Monser, L., Bellakhal, N., & Belgaied, J. E. (2004). Treatment of electroplating wastewater containing Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr(VI) by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 112(3), 207–213.
- Ainee Zainol, N., Abdul Aziz, H., & Suffian Yusoff, M. (2012). Characterization of Leachate from Kuala Sepetang and Kulim Landfills: A Comparative Study. *Energy and Environment Research*, 2(2), 45–52.
- Ali, E., & Yaakob, Z. (2012). Electrocoagulation for Treatment of Industrial Effluents and Hydrogen Production. *Electrolysis*, 16.
- Alver, A., & Altaş, L. (2017). Characterization and electrocoagulative treatment of landfill leachates: A statistical approach. *Process Safety and Environmental Protection*, 111, 102–111.
- Amani, T., Veysi, K., Dastyar, W., & Elyasi, S. (2015). Studying interactive effects of operational parameters on continuous bipolar electrocoagulation–flotation process for treatment of high-load compost leachate. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(8), 2467–2474.
- Bartram, J., Mäkelä, A., & Mälkki, E. (1996). Chapter 5 - FIELD WORK AND SAMPLING. *Transport*, 0–419.
- Bazrafshan, E., Mostafapoor, F., Soori, M. M., & Mahvi, A. H. (2012a). Application of combined chemical coagulation and electro-coagulation process for carwash wastewater treatment. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(9 A), 2694–2701.

- Butler, E., Hung, Y.-T., Yeh, R. Y.-L., & Suleiman Al Ahmad, M. (2011). Electrocoagulation in Wastewater Treatment. *Water*, 3(4), 495–525.
- Butler, J. R. A., Wong, G. Y., Metcalfe, D. J., Honzák, M., Pert, P. L., Rao, N., ... Brodie, J. E. (2013). An analysis of trade-offs between multiple ecosystem services and stakeholders linked to land use and water quality management in the Great Barrier Reef, Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 180, 176–191.
- Can, O. T., Kobyas, M., Demirbas, E., & Bayramoglu, M. (2006). Treatment of the textile wastewater by combined electrocoagulation. *Chemosphere*, 62(2), 181–187.
- Characteristics, P., Applications, P., Manufacturers, I., Details, P., Demand, I., Outline, B., Industry, A. N. E. W. (n.d.). Poly Aluminium Chloride, 1–18.
- Chen, X., Chen, G., & Yue, P. L. (2000). Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation, 19, 65–76.
- Danial, R., Abdullaha, L. C., Mobarekeh, M. N., Sobri, S., & Adnan, N. M. (2015). A comparison between aluminium and iron electrodes in electrocoagulation process for glyphosate removal. *Jurnal Teknologi*, 77(32), 21–26.
- Daud, Z., Abubakar, M. H., Kadir, A. A., Latiff, A. A. A., Awang, H., Halim, A. A., & Marto, A. (2016). Optimization of leachate treatment with granular biomedica: Feldspar and Zeolite. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(37).
- Daud, Z., Fatihah, N., Hanafi, M., & Awang, H. (2013). Optimization of COD and Colour Removal From Landfill Leachate by Electro-Fenton Method. *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 7(8), 263–268.
- Daud, Z., Nur, F., Ibrahim, D., Aziz, A., Latiff, A., Ridzuan, B., Marto, A. (2016). Ammoniacal Nitrogen and COD Removal Using Zeolite- Feldspar Mineral Composite Adsorbent, 8(3), 9–12.

- Dehghani, M., Hoseini, M., Fathi Fath-Aabaadi, M.-K., Elhamiyan, Z., Shamsedini, N., Ghanbarian, M., Nourozi, A. (2016). Optimizing Electrocoagulation Process for the Removal of Nitrate From. *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 8(1), 1–5.
- Den, C., Belo, L. P., Mission, E. G., Hinode, H., & Abella, L. C. (2016). Experimental Investigations of the Effects of Current Density during the Electrocoagulation of Bio-Treated Distillery Wastewater using Aluminum-Aluminum Electrode Pair. *DLSU Research Congress 2016, De La Salle University, Manila, Philippines*, 4.
- Dia, O., Drogui, P., Buelna, G., Dubé, R., & Ihsen, B. S. (2016). Electrocoagulation of bio-filtrated landfill leachate: Fractionation of organic matter and influence of anode materials. *Chemosphere*.
- Donneys-Victoria, D., Marriaga-Cabrales, N., Camargo-Amado, R. J., Machuca-Martínez, F., Peralta-Hernández, J. M., & Martínez-Huitle, C. A. (2018). Treatment of landfill leachate by a combined process: Iron electrodisolution, iron oxidation by H₂O₂ and chemical flocculation. *Sustainable Environment Research*, 28(1), 12–19.
- Donneys-Victoria, D., Marriaga-Cabrales, N., & Machuca-Martínez, F. (2014). 2 . Electrocoagulation for landfill leachate treatment: A review of patents and research articles. *Evaluation of Electrochemical Reactors as a New Way to Environmental Protection*, 661(100), 17–39.
- Duffy, J., & Hill, A. (2011). Suspension stability: Why particle size, zeta potential and rheology are important. *www.Malvern.Com*, 20, 1–35.
- Emamjomeh, M. M., & Sivakumar, M. (2009). Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation processes. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1663–1679.

- Energetics, A. (2016). Treatment Of Landfill Leachate Effluent By Chemical Coagulation And Electrocoagulation : Without Correction Of Ph, 635–639.
- EPA Victoria. (2009). Sampling and Analysis of Waters , Wastewaters , Soils and Wastes. *Industrial Water Resource Guidelines, 2009*(June), 1–36.
- Fagnekar, N.A., & Mane, P. S. (2015). Removal Of Turbidity Using Electrocoagulation, *1*, 252–260.
- Fatehah, M. O., Hossain, S., & Teng, T. T. (2013). Semiconductor Wastewater Treatment Using Tapioca Starch as a Natural Coagulant. *Journal of Water Resource and Protection*, *5*(11), 1018–1026.
- Fernandes, A., Pacheco, M. J., Ciríaco, L., & Lopes, A. (2015). Review on the electrochemical processes for the treatment of sanitary landfill leachates: Present and future. *Applied Catalysis B: Environmental*, *176–177*, 183–200.
- Garajappa D.P, Manjunath N.T, M. C. N. (2015). Performance Evaluation of Electrocoagulation Process in Treating Dairy Wastewater using Mono-polar Electrodes. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *4*(6), 4104–4110.
- Gomes, J. A. G., Daida, P., Kesmez, M., Weir, M., Moreno, H., Parga, J. R., Cocke, D. L. (2007). Arsenic removal by electrocoagulation using combined Al-Fe electrode system and characterization of products. *Journal of Hazardous Materials*, *139*(2), 220–231. 8
- Henze, M., & Comeau, Y. (2008). Wastewater Characterization. *Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design.*, 33–52.
- Home, I., Science, M., Plant, E. T., Sulphate, F. A., Sulphate, M., Phthalate, P. H., Tv, W. (2016). Chemical oxygen demand (COD) determination procedure and calculation, 10–11.

- Huda, N., Raman, A. A., & Ramesh, S. (2017). Optimization of electrocoagulation process for the treatment of landfill leachate. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 210(1).
- Hur, J. M., Park, J. A., Son, B. S., Jang, B. G., & Kim, S. H. (2001). Mature Landfill Leachate Treatment from an Abandoned Municipal Waste Disposal Site, 18(2), 233–234.
- Ibrahim, D. S., Sakthipriya, N., & Balasubramanian, N. (2012). Electro-coagulation treatment of oily wastewater with sludge analysis. *Water Science and Technology*, 66(12), 2533–2538.
- Ilhan, F., Kurt, U., Apaydin, O., & Gonullu, M. T. (2008a). Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 154(1–3), 381–389.
- Ilhan, F., Kurt, U., Apaydin, O., & Gonullu, M. T. (2008b). Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 154(1–3), 381–389. 5
- Inan, H., Dimoglo, A., Şimşek, H., & Karpuzcu, M. (2004). Olive oil mill wastewater treatment by means of electro-coagulation. *Separation and Purification Technology*, 36(1), 23–31.
- Indore, S. G. S. I. T. S. (2014). Applications of Electrocoagulation in treatment of Industrial Wastewater : A Review, 3(11), 379–386.
- Isaza, E., Dawson, O., & Wang, Y. (2016). Coagulation , flocculation and precipitation Abstract, 1–7.
- Johari, A., Alkali, H., Hashim, H., Ahmed, S. I., & Mat, R. (2014). Municipal solid waste management and potential revenue from recycling in Malaysia. *Modern Applied Science*, 8(4), 37–49.

- Jotin, R., Ibrahim, S., & Halimoon, N. (2012). Electro coagulation for removal of chemical oxygen demand in sanitary landfill leachate. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(2), 921–930.
- Journal, S. L., Technology, C., Technology, C., & Ohridski, K. (2016). Treatment Of Landfill Leachate In Two Stage Vertical-Flow Wetland System With / Without Addition Of Carbon Source Silviya Lavrova, 223–228.
- Jumaah, M. A., & Othman, M. R. (2015). Optimization of Operating Conditions for Landfill Leachate Treatment Using Electrochemical Oxidation Technique. *International Journal of ChemTech Research*, 8(2), 783–787.
- Jumaah, M. A., Othman, M. R., & Yusop, M. R. (2016). Characterization of leachate from jeram sanitary landfill-Malaysia. *International Journal of ChemTech Research*, 9(8), 571–574.
- Kabuk, H. A., Ilhan, F., Avsar, Y., Kurt, U., Apaydin, O., & Gonullu, M. T. (2014). Investigation of leachate treatment with electrocoagulation and optimization by response surface methodology. *Clean - Soil, Air, Water*, 42(5), 571–577.
- Katal, R., & Pahlavanzadeh, H. (2011). Influence of different combinations of aluminum and iron electrode on electrocoagulation efficiency: Application to the treatment of paper mill wastewater. *Desalination*, 265(1–3), 199–205.
- Khandegar, V., & Saroha, A. K. (2013). Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent - A review. *Journal of Environmental Management*, 128(July 2013), 949–963.
- Khosravi, R., Hossini, H., Heidari, M., Fazlzadeh, M., Biglari, H., Taghizadeh, A., & Barikbin, B. (2017). Electrochemical decolorization of reactive dye from synthetic wastewater by mono-polar aluminum electrodes system. *International Journal of Electrochemical Science*, 12(6), 4745–4755.

- Kobyas, M., Hiz, H., Senturk, E., Aydiner, C., & Demirbas, E. (2006). Treatment of potato chips manufacturing wastewater by electrocoagulation. *Desalination*, 190(1–3), 201–211.
- Koohestanian, A., Hosseini, M., & Abbasian, Z. (2008). The Separation Method for Removing of Colloidal Particles from Raw Water, 4(2), 266–273.
- Kumar, S., Katoria, D., & Singh, G. (2013). Leachate Treatment Technologies 1, 4(5), 439–444.
- Kwarciaak-koz, A. (2008). The application of hybrid system UASB reactor-RO in landfill leachate treatment,
- Labanowski, J., Pallier, V., & Feuillade-cathalifaud, G. (2010). Study of organic matter during coagulation and electrocoagulation processes : Application to a stabilized landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1–3), 166–172
- Li, W., Zhou, Q., & Hua, T. (2010). Removal of Organic Matter from Landfill Leachate by Advanced Oxidation Processes : A Review, 2010.
- Li, X., Song, J., Guo, J., Wang, Z., & Feng, Q. (2011). Landfill leachate treatment using electrocoagulation. *Procedia Environmental Sciences*, 10(PART B), 1159–1164.
- Mahmad, M. K. N., Rozainy, M. A. Z. M. R., Abustan, I., & Baharun, N. (2016). Electrocoagulation Process by Using Aluminium and Stainless Steel Electrodes to Treat Total Chromium, Colour and Turbidity. *Procedia Chemistry*, 19, 681–686.
- Malakootian, M., Mansoorian, H. J., & Moosazadeh, M. (2010). Performance evaluation of electrocoagulation process using iron-rod electrodes for removing hardness from drinking water. *Desalination*, 255(1–3), 67–71.

- Malakootian, M., & Yousefi, N. (2009a). the Efficiency of Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes in Removal of Hardness From Water. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 6(2), 131–136.
- Malakootian, M., & Yousefi, N. (2009b). THE Efficiency Of Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes In Removal Of Hardness From Water, 6(2), 131–136.
- Malakootian, M., Yousefi, N., & Fatehizadeh, A. (2011). Survey efficiency of electrocoagulation on nitrate removal from aqueous solution, 8(1), 107–114.
- Malaysia, J. P. (2016). Siaran akhbar anggaran penduduk semasa, malaysia, 2014–2016.
- Management, M. S. W. (2009). CHAPTER 9 MSW Management in Malaysia-Changes for Sustainability Agamuthu P., 141–164.
- Matteson, M. J., Dobson, R. L., Glenn, R. W., Kukunoor, N. S., Waits, W. H., & Clayfield, E. J. (1995). Electrocoagulation and separation of aqueous suspensions of ultrafine particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 104(1), 101–109.
- Moayerikashani, M., Soltani, S. M., Sobri, S., & Collection, A. S. (2012a). Treatment of a Malaysian Leachate Sample Using Electrocoagulation, 3(1), 1–4.
- Moghaddam, A. (2011). A Comparison Between Aluminum and Iron Electrodes on Removal of Phosphate from Aqueous Solutions by Electrocoagulation Process, 5(2), 403–412.
- Mohammadizaroun, M., & Yusoff, M. S. (2014). Review Paper Treatment of Leachate by Electrocoagulation Technique Using Iron And Hybrid Electrodes, 2(11), 497–508.

- Mohd Zin, N. S., Abdul Aziz, H., Adlan, M. N., & Ariffin, A. (2012). Characterization of leachate at Matang Landfill. *Academic Journal of Science*, 1(2), 317–322.
- Mollah, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R., & Cocke, D. L. (2001). Electrocoagulation (EC) — science and applications, 84, 29–41.
- Murthy, Z. V. P., Nancy, C., & Kant, A. (2007a). Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation. *Separation Science and Technology*, 42(4), 819–833.
- Murthy, Z. V. P., Nancy, C., & Kant, A. (2007b). Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation. *Separation Science and Technology*, 42(4), 819–833.
- Naje, A. S., & Abbas, S. A. (2013). Electrocoagulation Technology in Wastewater Treatment : A Review of Methods and Applications, 3(11), 29–43.
- Naje, A. S., Chelliapan, S., Zakaria, Z., & Abbas, S. A. (2015). Enhancement of an electrocoagulation process for the treatment of textile wastewater under combined electrical connections using titanium plates. *International Journal of Electrochemical Science*, 10(6), 4495–4512.
- Ni'am, M. F., Othman, F., Sohaili, J., & Fauzia, Z. (2007). Electrocoagulation technique in enhancing COD and suspended solids removal to improve wastewater quality. *Water Science and Technology*, 56(7), 47–53.
- Ni'am, M. F., Othman, F., Sohaili, J., & Fauzia, Z. (2007). Removal of COD and Turbidity to Improve Wastewater Quality Using Electrocoagulation Technique. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 11(1), 198–205.
- Nilam, T., Ibrahim, T., Mahmood, N. Z., & Othman, F. (2016). Estimation Of Leachate Generation From Msw Landfills In Selangor, (January 2017).
- Norkhadijah, S., Ismail, S., & Manaf, L. A. (2013). The challenge of future landfill : A case study of, 5(June), 86–96.

- Omwene, P. I., & Koby, M. (2018). Treatment of domestic wastewater phosphate by electrocoagulation using Fe and Al electrodes: A comparative study. *Process Safety and Environmental Protection*, 116, 34–51
- Ozturk, T., Veli, S., & Dimoglo, a. (2013). The Effect of Seawater Conductivity on the Treatment of Leachate by Electrocoagulation. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 27(3), 347–354.
- Peraturan_Kualiti_Alam_Sekeliling_Kawalan_Pencemaran_Daripada_Stesen_Pemindahan_Sisa_Pepejal_Dan_Kambus_Tanah_2009_-_P.U.A_433-2009.pdf. (n.d.).
- Periathamby, A., & Shahul, F. (2010). Evolution of solid waste management in Malaysia : impacts and implications of the solid waste bill , 2007, (2009), 96
- Poveda, M., Yuan, Q., & Oleszkiewicz, J. (2016). The Effectiveness of Pretreatment Methods on COD and Ammonia Removal from Landfill Leachate. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(4), 257–262.
- Raghab, S. M., Abd, A. M., Meguid, E., & Hegazi, H. A. (2013). Treatment of leachate from municipal solid waste landfill. *HBRC Journal*, 9(2), 187–192.
- Renou, S., Givaudan, J. G., Poulain, S., Dirassouyan, F., & Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment : Review and opportunity, 150, 468–493.
- Ricordel, C., & Djelal, H. (2014). Treatment of landfill leachate with high proportion of refractory materials by electrocoagulation: System performances and sludge settling characteristics. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(3), 1551–1557.
- Roopashree, G. B., & Lokesh, K. S. (2014). Comparative study of electrode material (iron , aluminium and stainless steel) for treatment of textile industry wastewater, 4(4), 519–531
- Rusdizal, N., Aziz, H. A., & Mohd Omar, F. (2015). Potential use of polyaluminium

- chloride and tobacco leaf as coagulant and coagulant aid in post-treatment of landfill leachate. *Avicenna J Environmental Health Engineering In Press*, 1–5.
- Samir, A., & Corresponding, N. (2013). Combination of Electrocoagulation and Electro-Oxidation Processes of Textile Wastewaters Treatment, *3*(13), 61–74.
- Sana, F. A., Yahya, F., & Petroleum, A. (2014). The Characteristics of Leachate and Groundwater Pollution at Municipal Solid Waste Landfill of Ibb.
- Science, C., & Stability, C. (n.d.). Zeta potential: An Introduction in 30 minutes. *Zetasizer Nano Serles Technical Note. MRK654-01*, 2, 1–6
- Shaylinda, N., Zin, M., & Zulkapli, Z. A. (2017). Application of Dual Coagulant (Alum + Barley) in Removing Colour from Leachate, *6002*, 1–6.
- Shivayogimath, C. B., & Watawati, C. (2013). Treatment of Solid Waste Leachate By Electrocoagulation Technology. *International Journal of Research in Enginee Ring and Technolgy*, 2319–2322.
- Tak, B. yul, Tak, B. sik, Kim, Y. ju, Park, Y. jin, Yoon, Y. hun, & Min, G. ho. (2015). Optimization of color and COD removal from livestock wastewater by electrocoagulation process: Application of Box-Behnken design (BBD). *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 28, 307–315.
- Tatsi, A. A., Zouboulis, A. I., Matis, K. A., & Samaras, P. (2003). Coagulation – flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates, *53*, 737–744.
- Teknologi, J., Tarmudi, Z., Teknologi, U., & Abdullah, L. (2009). An Overview of Municipal Solid Wastes Generation In Malaysia,
- Thakur, S., & Chauhan, M. S. (2016). Treatment of Wastewater by Electro coagulation : A Review, *5*(3), 104–110.
- Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). Analisis Penggunaan Koagulan Poly Aluminium Chloride (Pac) Dan Kitosan Pada Proses Penjernihan Air Di Pdam Tirta Pakuan

Bogor. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

Vasudevan, S., & Lakshmi, J. (2012). Effect of alternating and direct current in an electrocoagulation process on the removal of cadmium from water. *Water Science and Technology*, 65(2), 353–360.

Veps, M. (n.d.). *Electrocoagulation in the treatment of industrial waters and wastewaters*.

Verma, A. K. (2017). Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation employing Fe-Al composite electrode. *Journal of Water Process Engineering*, 20(November), 168–172.

Zainol, N. A., Aziz, H. A., Yusoff, M. S., & Umar, M. (2011). The use of Polyaluminum Chloride for the treatment of Landfill Leachate via Coagulation and Flocculation processes. *Research Journal of Chemical Sciences*, 1(3).

Zhang, Q., Tian, B., Zhang, X., Ghulam, A., Fang, C., & He, R. (2013). Investigation on characteristics of leachate and concentrated leachate in three landfill leachate treatment plants. *Waste Management*, 33(11), 2277–2286.

Zuraidah, N., Radzuan, M., Yaacob, W. Z. W., Samsudin, A. R., & Rafek, A. G. (2005). Characteristics of Leachate at the Air Hitam Sanitary Landfill in Puchong, Selangor Table 1. Samples collected from Air Hitam Sanitary Landfill site, (June), 41–46.