

**PERANAN Al DAN Fe DALAM TANAH GAMBUT  
TEROLAH ASID SULFURIK SEBAGAI AGEN  
PENGUMPAL DALAM PERAWATAN LARUTAN  
PENCELUP TEKSTIL**

oleh

SOO SENG POH

Tesis diserahkan untuk memenuhi  
sebahagian keperluan bagi  
Ijazah Sarjana Sains

Januari 1998

*Untuk Ibu kesayanganku*

## PENGHARGAAN

Kajian ini dapat dilengkapkan melalui bantuan dan dorongan banyak pihak. Banyak nasihat, panduan, dorongan, bantuan dan kerjasama yang saya perolehi daripada mereka selama kira-kira tiga tahun ini. Tanpa mereka, adalah mustahil sekali bagi saya menghabiskan kajian dan seterusnya menulis tesis ini.

Dengan ini, saya ingin mengambil kesempatan di sini untuk merakamkan penghargaan kepada pihak-pihak yang terlibat, khususnya Prof Madya Mohd. Asri Mohd. Nawawi, selaku penyelia utama saya. Terima kasih ke atas segala nasihat dan tunjuk ajar yang beliau berikan kepada saya selama ini. Tidak lupa juga, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada penyelia bersama saya, Dr. Md. Sani Ibrahim yang juga telah banyak memberi panduan kepada saya.

Saya juga hendak menyampaikan ribuan terima kasih kepada Pusat Pengajian Sains Kimia ke atas sokongan yang diberikan. Jasa baik daripada pembantu-pembantu makmal juga saya akan kenangi selama-lamanya. Mereka ini termasuk Encik Ong Chin Hwie, Encik A. Marimuthu, Encik Aw Yeong Cheok Hoe, Encik Oon Liang Guan, Encik Hashim Othman dan Encik Arrifin yang telah banyak membantu saya dalam kajian ini. Saya ingin juga mengucapkan ribuan terima kasih kepada pegawai-pegawai dan rakan-rakan yang telah menolong secara langsung atau tidak langsung.

Akhir sekali, saya amat terhutang budi kepada keluarga saya yang sentiasa memberi sokongan dan dorongan kepada saya.

# KANDUNGAN

	mukasurat
Muka Surat Judul	i
Penghargaan	ii
Kandungan	iii
Senarai Jadual	xii
Senarai Rajah	xiv
Senarai Singkatan Nama	xx
Abstrak (Versi Bahasa Malaysia)	xxi
Abstract (Versi Bahasa Inggeris)	xxiii
1.0 PENGENALAN	1
1.1 Tanah Gambut	1
1.1.1 Takrifan Tanah Gambut	1
1.1.2 Pembentukan Tanah Gambut dan Pengelasannya	2
1.1.3 Komposisi Kimia Dalam Tanah Gambut	3
1.1.4 Tanah Gambut Di Malaysia	4
1.1.5 Kegunaan Tanah Gambut	7
1.2 Perawatan Air Buangan Dengan Kaedah Penjerapan	8
1.2.1 Keseimbangan Penjerapan	9
1.2.2 Persamaan Isoterma	9
1.2.2.1 Isoterma Freundlich	10

1.2.2.2	Isoterma Langmuir	10
1.3	Perawatan Air Buangan Dengan Kaedah Penggumpalan	12
1.3.1	Proses Penggumpalan	12
1.3.1.1	Definasi Penggumpalan	12
1.3.1.2	Mekanisme Penggumpalan	15
1.3.1.3	Daya-daya Penstabilan	16
1.3.1.4	Daya-daya Penyahstabilan	23
1.3.1.5	Jenis-jenis Bahan Penggumpal	32
1.3.1.6	Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Penggumpalan	37
1.3.2	Penggumpalan Warna	41
1.4	Masalah Pencemaran Perindustrian Tekstil	42
1.5	Penggunaan Pencelup Dalam Perindustrian Tekstil	43
1.5.1	Pencelup	46
1.5.1.1	Takrifan Pencelup dan Ciri-ciri Kimianya	46
1.5.1.2	Pengelasan Pencelup	47
1.6	Perawatan Air Buangan Perindustrian Tekstil	51
1.7	Objektif Penyelidikan	52
2.0	METODOLOGI	55
2.1	Bahan Kajian dan Reagen-reagen	55

2.1.1	Tanah Gambut Tempatan	55
2.1.2	Pencelup	55
2.1.3	Penjerap-penjerap	56
2.1.4	Penggumpal-penggumpal	56
2.1.4.1	10% Alum	58
2.1.4.2	10% PAC	58
2.1.5	Bahan-bahan Kimia Yang Lain	58
2.2	Peralatan	58
2.3	Eksperimen	60
2.3.1	Penyediaan Larutan Pencelup	60
2.3.1.1	Keluk Penentukuran	60
2.3.2	Kajian Tindakan Tanah Gambut Mentah dan Beberapa Penjerap Yang Lain Terhadap Perawatan Larutan Pencelup Vat	61
2.3.2.1	Penentuan pH Optimum Bagi Penjerap-penjerap	61
2.3.2.2	Perbandingan Keupayaan Penjerap-penjerap Dalam Merawat Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14	62
2.3.3	Analisis Tanah	63
2.3.4	Kajian Tindakan Tanah Gambut Terolah Asid Terhadap Perawatan Larutan Pencelup	64
2.3.4.1	Penyediaan Tanah Gambut Terolah Asid	64
2.3.4.2	Kesan pH	65
2.3.4.3	Kesan Jisim Tanah Gambut Terolah Asid Yang Digunakan	65
2.3.4.4	Kesan Masa Penggaulan	66

2.3.4.5 Kesan Masa Pegun (Standing Time)	66
2.3.4.6 Kajian Isoterma Keseimbangan	67
2.3.5 Perawatan Larutan Pencelup Dengan 11% BTGTA	67
2.3.6 Pengasingan 11% BTGTA	69
2.3.6.1 Perawatan Larutan Pencelup Dengan Hasil-hasil Pengasingan 11% BTGTA	70
2.3.7 Pencirian Komposisi Kimia Dalam Penggumpal Tanah Gambut	70
2.3.7.1 Penulenan Sampel	71
2.3.7.2 EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)	71
2.3.7.3 Kaedah CHN	72
2.3.7.4 Kaedah Spektroskopi Inframerah (IR)	72
2.3.7.5 Penentuan Kandungan Aluminium, Ferum dan Sulfat Dalam Penggumpal Tanah Gambut	72
2.3.8 Penentuan Kepekatan Al dan Fe	73
2.3.8.1 Kaedah Erichrome Cyanine R (ECR)	73
2.3.8.2 Kaedah Spektroskopi Penyerapan Atom (AAS)	74
2.3.8.3 Kaedah Spektrofluorimetri	74
2.3.8.4 Kaedah Fenantrolina	75
2.3.9 Analisis Bahan Aktif Dalam Penggumpal Tanah Gambut Semasa Perawatan Pencelup	75
2.3.10 Penentuan Parameter Optimum Pengekstrakan Al Dan Fe Daripada Tanah Gambut	76
2.3.10.1 Pengekstrakan Ion Logam Tanpa Refluks	77
2.3.10.2 Kesan Kepekatan Asid Sulfurik	77
2.3.10.3 Kesan Masa Pengrefluksan	79
2.3.10.4 Kesan Masa Pembakaran	79
2.3.10.5 Kesan Suhu Pembakaran	79

2.3.10.6	Kesan Medium Gas Semasa Pengrefluksan	80
2.3.10.7	Kawalan	81
2.3.11	Kajian Beberapa Parameter Optimum Dalam Proses Penggumpalan Dengan Penggumpal Tanah Gambut	82
2.3.11.1	Penyediaan Sampel Penggumpal Tanah Gambut	82
2.3.11.2	pH	83
2.3.11.3	Dos Penggumpal	83
2.3.11.4	Masa Penggaulan	84
2.3.11.5	Masa Pegun	84
2.3.11.6	Kepekatan Pencelup	85
2.3.12	Perbandingan Keberkesanan Penggumpal Tanah Gambut Dalam Merawat Pencelup-pencelup Tekstil Yang Berbeza	85
2.3.13	Perbandingan Kecekapan Penggumpal Tanah Gambut Dalam Merawat Pencelup Dengan Penggumpal-penggumpal Konvensional	86
2.3.13.1	Kajian pH Optimum Bagi Alum Dan PAC	86
2.3.13.2	Penilaian Kecekapan Penggumpal-penggumpal Dalam Merawat Vat Green CI 1, Disperse Blue CI 56 Dan Reactive Blue CI 19	87
2.3.14	Analisis Baki Logam Yang Tertinggal Dalam Hasil Terolah	87
3.0	PENGOLAHAN PENCELUP VAT DENGAN TANAH GAMBUT TEROLAH ASID : KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	89
3.1	Kajian Tindakan Tanah Gambut Mentah Dan Beberapa Penjerap Yang Lain Terhadap Perawatan Larutan Pencelup Vat	90
3.2	Analisis Tanah	108



3.3	Kajian Tindakan Tanah Gambut Terolah Asid Terhadap Larutan Pencelup Vat	114
3.3.1	Kesan pH	115
3.3.2	Kesan Jisim TGTA	115
3.3.3	Kesan Masa Penggaulan	119
3.3.4	Kesan masa Pegun	121
3.3.5	Kajian Isoterma Keseimbangan	123
3.4	Perawatan Larutan Pencelup Dengan 11% BTGTA	130
3.5	Pengasingan 11% BTGTA	136
3.5.1	Perawatan Larutan Pencelup Dengan Hasil-hasil Pengasingan Larutan 11% TGTA	136
3.6	Rumusan	140
4.0	PENCIRIAN DAN PENGEKSTRAKAN BAHAN AKTIF DALAM TANAH GAMBUT TEROLAH ASID : KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	142
4.1	Pencirian Komposisi Kimia Dalam Penggumpal Tanah Gambut (PTG)	142
4.1.1	Analisis EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)	143
4.1.2	Analisis CHN	143
4.1.3	Analisis IR	144
4.1.4	Kepekatan Al dan Fe Dalam Larutan PTG	145
4.2	Al Sebagai Bahan Aktif Dalam Tanah Gambut Semasa Perawatan Pencelup	152

4.3	Penentuan Parameter Optimum Pengekstrakan Al Dan Fe Daripada Tanah Gambut	154
4.3.1	Kesan Refluks	158
4.3.2	Kesan Kepekatan Asid Sulfurik	159
4.3.3	Kesan Masa Refluks	162
4.3.4	Kesan Masa Pembakaran	163
4.3.5	Kesan Suhu Pembakaran	170
4.3.6	Kesan Refluks Dalam Atmosfera Yang Berbeza	173
4.3.7	Perbandingan Kuantiti Penggumpal Yang Diperolehi Daripada Tanah Gambut Gunung Jerai Dan Batu Pahat	176
4.4	Rumusan	180
5.0	APLIKASI BAHAN EKSTRAK SEBAGAI BAHAN PENGUMPAL BEBERAPA PENCELUP TEKSTIL : KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	182
5.1	Kesan pH Ke Atas Proses Penggumpalan	183
5.2	Kesan Masa Penggaulan Optimum	184
5.3	Kesan Masa Pegun Optimum	188
5.4	Kesan Dos Bahan Penggumpal	189
5.5	Kesan Kepekatan Pencilup	194
5.6	Perbandingan Keberkesanan PTG Dalam Merawat Pencilup- pencilup Tekstil Yang Berbeza	195
5.7	Penilaian Kecekapan Penggumpal-penggumpal Dalam Merawat Vat Green CI 1, Disperse Blue CI 56 Dan Reactive Blue CI 19	200

5.7.1	Perbandingan Kepekatan Al(III) Dan Ferum (II) Yang Hadir Dalam Larutan PTG Dengan Alum Dan PAC	200
5.7.2	Perbandingan Kecekapan Penggumpal Tanah Gambut (PTG), PAC dan Alum Dalam Merawat Pencelup-pencelup	204
5.8	Analisis Baki Logam Yang Tertinggal Dalam Hasil Terolah	211
5.9	Rumusan	214
6.0	KESIMPULAN	216
7.0	BIBLIOGRAFI	221
8.0	LAMPIRAN-LAMPIRAN	228
A	Spektrum ternampak bagi larutan akueus bahan pencelup tekstil (a) Larutan 60 ppm Disperse Blue CI 56 (b) Larutan 60 ppm Vat Green CI 1	228
B	Spektrum ternampak bagi larutan akueus bahan pencelup tekstil (a) Larutan 60 ppm Reactive Blue CI 19 (b) Larutan 60 ppm Vat Blue CI 14	229
C	Keluk Penentukuran bagi Disperse Blue CI 56, Vat Green CI 1, Vat Blue CI 14 dan Reactive Blue CI 19 yang diukur pada keserapan maksimum masing-masing dengan spektrofotometer ultra ungu ternampak.	230
D	Pekali Korelasi Isoterma Langmuir Bagi Tanah Gambut Mentah Gunung Jerai semasa merawat Vat Green CI 1	231
E	Pekali Korelasi Isoterma Langmuir Bagi Tanah Gambut Mentah Gunung Jerai semasa merawat Vat Blue CI 14	232
F	Pekali Korelasi Isoterma Langmuir Bagi Karbon Diaktifkan semasa merawat Vat Green CI 1	233
G	Pekali Korelasi Isoterma Langmuir Bagi Karbon Diaktifkan semasa merawat Vat Blue CI 14	234

H	Pekali Korelasi Isoterma Langmuir Bagi Arang Penyahwarnaian semasa merawat Vat Green CI 1	235
I	Pekali Korelasi Isoterma Langmuir Bagi Arang Penyahwarnaian semasa merawat Vat Blue CI 14	236
J	Pekali Korelasi Isoterma Langmuir Bagi TGTA semasa merawat Vat Green CI 1	237
K	Pekali Korelasi Isoterma Langmuir Bagi TGTA semasa merawat Vat Blue CI 14	238
L	Pekali Korelasi Isoterma Freundlich Bagi Tanah Gambut Mentah Gunung Jerai semasa merawat Vat Green CI 1	239
M	Pekali Korelasi Isoterma Freundlich Bagi Tanah Gambut Mentah Gunung Jerai semasa merawat Vat Blue CI 14	240
N	Pekali Korelasi Isoterma Freundlich Bagi Karbon Diaktifkan semasa merawat Vat Green CI 1	241
O	Pekali Korelasi Isoterma Freundlich Bagi Karbon Diaktifkan semasa merawat Vat Blue CI 14	242
P	Pekali Korelasi Isoterma Freundlich Bagi Arang Penyahwarnaian semasa merawat Vat Green CI 1	243
Q	Pekali Korelasi Isoterma Freundlich Bagi Arang Penyahwarnaian semasa merawat Vat Blue CI 14	244
R	Pekali Korelasi Isoterma Freundlich Bagi TGTA semasa merawat Vat Green CI 1	245
S	Pekali Korelasi Isoterma Freundlich Bagi TGTA semasa merawat Vat Blue CI 14	246
T	Spektrum EDS Dalam Menganalisa Unsur-unsur Dalam PTG	247
U	Keputusan Analisis Kuantitatif EDS	248

## SENARAI JADUAL

1.1	Taburan keluasan kawasan tanah gambut mengikut negeri di Malaysia	5
1.2	Kesan saiz zarah terhadap masa endapan	14
1.3	Penggumpal-penggumpal takorganik	33
1.4	Kuantiti hasil buangan daripada pelbagai proses tekstil	44
2.1	Senarai peralatan yang digunakan dalam kajian ini	59
3.1	Nilai-nilai parameter dan pemalar isoterma penjerapan Langmuir bagi penjerapan Vat Green CI 1 (Kepekatan awal = 100 ppm) dan Vat Blue CI 14 (Kepekatan awal = 100 ppm) dengan menggunakan tanah gambut mentah Gunung Jerai, karbon diaktifkan dan arang penyahwarna	104
3.2	Nilai-nilai bagi parameter dan pemalar isoterma penjerapan Freundlich bagi penjerapan Vat Blue CI 14 (Kepekatan awal = 100 ppm) dan Vat Green CI 1 (Kepekatan awal = 100 ppm) dengan menggunakan tanah gambut mentah Gunung Jerai, karbon diaktifkan dan arang penyahwarna	105
3.3	Pekali kolerasi Bagi Model Isoterma Langmuir untuk pencelup Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 semasa diolah dengan penjerap-penjerap yang berbeza	106
3.4	Pekali kolerasi Bagi Model Isoterma Freundlich untuk pencelup Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 semasa diolah dengan penjerap-penjerap yang berbeza	107
3.5	Kandungan abu serta logam dan organik bagi tanah gambut Gunung Jerai dan Batu Pahat	109
3.6	Analisis unsur Mineral Tanah Gambut Gunung Jerai dan Batu Pahat	113
3.7	Nilai-nilai bagi parameter dan pemalar isoterma penjerapan Langmuir Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 (kepekatan awal = 700 ppm) dengan menggunakan TGTA	127

3.8	Nilai-nilai bagi parameter dan pemalar isoterma penjerapan Freundlich Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 (kepekatan awal = 100 - 1000 ppm) dengan menggunakan TGTA	128
3.9	Pekali kolerasi Bagi Model Isoterma Langmuir dan Freundlich untuk pencelup Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 semasa diolah dengan TGTA	129
3.10	Penyukatan jisim tanah yang terkandung dalam setiap 0.5 ml 11% BTGTA	135
4.1	Analisis kuantitatif logam-logam dan sulfat yang hadir di dalam 0.1013 g garam PTG dalam 1 liter air suling	149
4.2	Analisis kepekatan Al dan Fe yang hadir di dalam PTG (Batu Pahat) dan PTG (Gunung Jerai) yang disediakan dengan mengadukan 15.00 g TGTA dalam 50 ml air suling.	150
4.3	Kepekatan Al dan Fe yang wujud dalam 10g tanah kering PTG (Gunung Jerai) dan PTG (Batu Pahat) dalam satu liter air suling	151
4.4	Kepekatan Al dan Fe dalam ekstrak Al dan ekstrak Fe	153
4.5	Perbandingan peratusan Al dan Fe yang diekstrak dengan kaedah yang berbeza	157
4.6	Perbandingan peratusan logam yang dapat diekstrak daripada tanah gambut Gunung Jerai dan Batu Pahat	179
5.1	Analisis kepekatan Al yang hadir di dalam PTG (Batu Pahat), PTG (Gunung Jerai), Alum (10%) dan PAC (10%) dengan menggunakan kaedah ECR, AAS dan Fluorometri	202
5.2	Analisis peratusan Al dan Fe yang wujud dalam PTG (Batu Pahat), PTG (Gunung Jerai), Alum (10%) dan PAC (10%)	203
5.3	Perbandingan kecekapan penggumpal-penggumpal dengan kepekatan asal merawat pencelup-pencelup	210
5.4	Kepekatan logam-logam dalam hasil terolah penggumpal-penggumpal yang berbeza	212
5.5	Kepekatan logam dalam hasil terolah PTG Gunung Jerai selepas pH diubahkan kepada 6-7	213

## SENARAI RAJAH

1.1	Peta Malaysia menunjukkan taburan tanah gambut	6
1.2	Penggambaran bagi lapisan berganda elektrik	18
1.3	Taburan keupayaan sebagai fungsi bagi jarak dari permukaan zarah	19
1.4	Penggambaran bagi polimer panjang yang terjerap atas zarah	21
1.5	Dua jenis interaksi penolakan yang mungkin bagi zarah-zarah hasilan sterik	22
1.6	Keupayaan interaksi dinyatakan sebagai fungsi bagi jarak pemisahan antara zarah-zarah dalam satu larutan yang kekuatan ion rendah	24
1.7	Penyingkiran tenaga pengaktifan disebabkan oleh pengurangan keupayaan penolakan melalui penambahan kekuatan ion larutan	26
1.8	Pemadatan ketebalan lapisan berganda zarah-zarah disebabkan oleh kehadiran penggumpal	27
1.9	Taburan jenis-jenis spesies Aluminium pada pH yang berbeza	30
1.10	Proses penitian polimer dalam penyahstabilan zarah koloid (a) Gumpalan besar terbentuk daripada penitian polimer (b) Penstabilan semula zarah-zarah akibat polimer yang berlebihan	31
1.11	Struktur kimia bagi pelbagai jenis polimer yang terlarut air	36
2.1	Struktur-struktur kimia bagi pencelup yang digunakan dalam kajian	57
2.2	Susunan radas eksperimen	78
3.1	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Blue CI 14 dengan menggoncangkan 50 ml 100 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minut pada pH berbeza-beza selama 30 minut dengan penjerap-penjerap yang berbeza (7 g tanah gambut mentah Gunung Jerai, 0.5 g karbon diaktifkan dan 1 g arang penyahwarnaan) dan diberi masa pegun 15 minut	92

3.2	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Green CI 1 dengan menggoncangkan 50 ml 100 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH berbeza (pH 2 untuk karbon diaktifkan dan arang penyahwarnaan sementara pH 3.2 untuk tanah gambut mentah Gunung Jerai) selama 30 minit dengan jisim penjerap yang berbeza dan diberi masa pegun 15 minit	93
3.3	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Blue CI 14 dengan menggoncangkan 50 ml 100 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH berbeza (pH 2 untuk karbon diaktifkan dan arang penyahwarnaan sementara pH 3.2 untuk tanah gambut mentah Gunung Jerai) selama 30 minit dengan jisim penjerap yang berbeza dan diberi masa pegun 15 minit	94
3.4	Isoterma Langmuir bagi penjerapan pencelup Vat Blue CI 14 dan Vat Green CI 1 (kepekatan awal = 100 ppm) dengan menggunakan tanah gambut mentah	98
3.5	Isoterma Langmuir bagi penjerapan pencelup Vat Blue CI 14 dan Vat Green CI 1 (kepekatan awal = 100 ppm) dengan menggunakan karbon diaktifkan	99
3.6	Isoterma Langmuir bagi penjerapan pencelup Vat Blue CI 14 dan Vat Green CI 1 (kepekatan awal = 100 ppm) dengan menggunakan arang penyahwarnaan	100
3.7	Isoterma Freundlich bagi penjerapan pencelup Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 (kepekatan awal = 100 ppm) dengan menggunakan tanah gambut mentah	101
3.8	Isoterma Freundlich bagi penjerapan pencelup Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 (kepekatan awal = 100 ppm) dengan menggunakan karbon diaktifkan	102
3.9	Isoterma Freundlich bagi penjerapan pencelup Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 (kepekatan awal = 100 ppm) dengan menggunakan arang penyahwarnaan	103
3.10	Interaksi antara permukaan selut yang bercas negatif dan sebatian organik kation polivalen : (A) anion bergabung secara langsung dengan kation dan (B) anion bergabung dengan kation melalui titian molekul air	112
3.11	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 dengan menggoncangkan 50 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH berbeza-beza selama 30 minit dengan 10 mg TGTA dan diberi masa pegun 15 minit	117



3.12	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 dengan menggoncangkan 50 ml 200 ppm pencelup pada pH 4.5 dengan kelajuan 120 pusingan per minut selama 30 minit dengan jisim TGTA yang berbeza dan diberi masa pegun 15 minit	118
3.13	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 dengan menggoncangkan 50 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minut pada pH 4.5 pada selang masa yang berbeza dengan 10 mg TGTA tanpa masa pegun.	120
3.14	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 dengan menggoncangkan 50 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minut pada pH 4.5 selama 5 minit dengan 10 mg TGTA dan pada masa-masa pegun yang berbeza.	122
3.15	Isoterma Langmuir bagi penjerapan pencelup Vat Blue CI 14 dan Vat Green CI 1 (kepekatan awal = 100 - 1000 ppm) dengan menggunakan TGTA	125
3.16	Isoterma Freundlich bagi penjerapan pencelup Vat Blue CI 14 dan Vat Green CI 1 (kepekatan awal = 100 - 1000 ppm) dengan menggunakan TGTA	126
3.17	Kajian pH optimum bagi Vat Green CI 1 (200 ppm) dan Vat Blue CI 14 (200 ppm) dengan menambahkan 0.35 ml 11% BTGTA ke dalam 50 ml larutan pencelup dengan masa penggoncangan selama 30 minit ( kelajuan 120 pusingan per minut) dan diberi masa pegun selama 15 minit pada pH yang berbeza	133
3.18	Pengolahan 50 ml Vat Blue CI 14 (200 ppm), Vat Green CI 1 (200 ppm) dan Reactive Blue CI 19 (100 ppm) dengan 11% BTGTA Gunung Jerai yang digoncang selama 30 minit dengan kelajuan 120 pusingan per minut pada pH 4.5 dan selepas itu diberikan masa pegun selama 15 minit	134
3.19	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 dengan menggoncangkan 50 ml 100 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minut pada pH 4.5 selama 30 minit dengan jisim pepejal TGTA (pecahan 11% BTGTA) yang berbeza dan diberi masa pegun 15 minit	138
3.20	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Green CI 1 dan Vat Blue CI 14 dengan menggoncangkan 50 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minut pada pH 4.5 selama 30 minit dengan isipadu PTG (pecahan 11% BTGTA) yang berbeza dan diberi masa pegun 15 minit	139

4.1	Spektrum IR bagi alum	147
4.2	Spektrum IR bagi PTG	148
4.3	Perbandingan peratus Al yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai selama 2 jam dalam kepekatan asid sulfurik yang berbeza dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , dan tanpa refluks, yang kemudian dibakar dalam relau selama 3 jam pada 380 °C	160
4.4	Perbandingan Al dan Fe yang diperolehi daripada tanah gambut Gunung Jerai dengan kepekatan asid sulfurik berbeza yang direfluks dalam atmosfera CO <sub>2</sub> selama 2 jam dan kemudian dibakar dalam relau selama 3 jam pada 380°C	161
4.5	Perbandingan peratus Al yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai mengikut masa refluks yang berbeza dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , dan atmosfera udara, yang kemudiannya dibakar dalam relau selama 3 jam pada 380 °C	164
4.6	Perbandingan peratus Al dan Fe yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai mengikut masa refluks yang berbeza dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , yang kemudiannya dibakar dalam relau selama 3 jam pada 380 °C	165
4.7	Perbandingan peratus Al yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai selama 2 jam dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , dan atmosfera udara, yang kemudiannya dibakar dalam relau pada tempoh pembakaran yang berbeza pada 380 °C	167
4.8	Perbandingan peratus Al dan Fe yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai selama 2 jam dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , yang kemudiannya dibakar dalam relau pada tempoh pembakaran yang berbeza pada 380 °C	169
4.9	Perbandingan peratus Al yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai selama 2 jam dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , dan atmosfera udara, yang kemudiannya dibakar dalam relau selama 3 jam pada suhu pembakaran yang berbeza	171
4.10	Perbandingan peratus Al dan Fe yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai selama 2 jam dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , yang kemudiannya dibakar dalam relau selama 3 jam pada suhu pembakaran yang berbeza.	172

4.11	Perbandingan peratus Al yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai selama 2 jam dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> dan udara, yang kemudiannya dibakar mengikut masa pembakaran yang berbeza pada 380°C.	175
4.12	Perbandingan peratus Al yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai dan Batu Pahat selama 2 jam dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , yang kemudiannya dibakar mengikut masa pembakaran yang berbeza pada 380°C	177
4.13	Perbandingan peratus Fe yang diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut Gunung Jerai dan Batu Pahat selama 2 jam dengan 1.8 M asid sulfurik dalam atmosfera CO <sub>2</sub> , yang kemudiannya dibakar mengikut masa pembakaran yang berbeza pada 380°C	178
5.1	Kajian ke atas peratusan pengambilan Disperse Blue CI 56 dan Vat Green CI 1 dengan menggoncangkan 25 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH berbeza-beza selama 30 minit dengan 0.7 ml 300ppm Al PTG Gunung Jerai untuk Disperse Blue CI 56 dan 1.0 ml 300ppm Al PTG Gunung Jerai untuk Vat Green CI 1 dan diberi masa pegun 15 minit	186
5.2	Kajian ke atas peratusan pengambilan Disperse Blue CI 56 dan Vat Green CI 1 dengan menggoncangkan 25 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH 4.5 dengan 0.7 ml 300ppm Al PTG Gunung Jerai untuk Disperse Blue CI 56 dan 1.0 ml 300ppm Al PTG Gunung Jerai untuk Vat Green CI 1 mengikut masa penggaulan yang berbeza tanpa masa pegun	187
5.3	Kajian ke atas peratusan pengambilan Disperse Blue CI 56 dan Vat Green CI 1 dengan menggoncangkan 25 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH 4.5 dengan 0.6 ml 300ppm Al PTG Gunung Jerai untuk Disperse Blue CI 56 dan 0.85 ml 300ppm Al PTG Gunung Jerai untuk Vat Green CI selama 30 minit dengan masa pegun yang berbeza	190
5.4	Kajian ke atas peratusan pengambilan Vat Green CI 1 dengan menggoncangkan 25 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH 4.5 dengan 0.85 ml PTG Gunung Jerai ( 300ppm Al ) selama 35 minit dengan masa pegun yang berbeza	191
5.5	Kajian ke atas peratusan pengambilan Disperse Blue CI 56 dan Vat Green CI 1 dengan menggoncangkan 25 ml 200 ppm pencelup dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH 4.5 selama 30 minit mengikut dos PTG Gunung Jerai (300ppm Al) yang berbeza dan diberi masa pegun selama 15 minit	193

- 5.6 Kajian ke atas peratusan pengambilan Disperse Blue CI 56 dan Vat Green CI 1 dengan menggoncangkan 25 ml pencelup yang berkepekatan berlainan dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH 4.5 dengan 0.8 ml 300ppm Al PTG Gunung Jerai untuk Disperse Blue CI 56 dan 1.0 ml 300 ppm Al PTG Gunung Jerai untuk Vat Green CI 1 selama 30 minit dan diberi masa pegun selama 15 minit 196
- 5.7 Perbandingan keberkesanan PTG Gunung Jerai dalam merawat pencelup-pecelup berlainan dengan menggoncangkan 25 ml pencelup berkepekatan 200 ppm (kecuali kepekatan Reactive Blue CI 14 = 100 ppm) dengan kelajuan 120 pusingan per minit pada pH 4.5 dengan dos PTG (300ppm Al) yang berbeza selama 30 minit dan diberi masa pegun selama 15 minit 199
- 5.8 Kajian ke atas pH optimum bagi alum dan PAC dengan menambahkan 1.00 ml PAC (dan kemudian Alum) dengan kepekatan 300 ppm Al ke dalam 25 ml 200 ppm Vat Green CI 1 pada pH yang berbeza dan digaulkan selama 30 minit dengan kelajuan 120 pusingan per minit dan diberi masa pegun selama 15 minit 205
- 5.9 Perbandingan dos penggumpal yang diperlukan untuk merawat 400 ml 100 ppm Resolin Blue CI 56 dengan penggumpal-penggumpal berbeza pada pH 4.5 dengan kelajuan awal 120 pusingan per minit selama 5 minit diikuti dengan kelajuan 50 pusingan per minit selama 25 minit 206
- 5.10 Perbandingan dos penggumpal yang diperlukan untuk merawat 400 ml 100 ppm Vat Green CI 1 dengan penggumpal-penggumpal berbeza pada pH 4.5 dengan kelajuan awal 120 pusingan per minit selama 5 minit diikuti dengan kelajuan 50 pusingan per minit selama 25 minit 207
- 5.11 Perbandingan dos penggumpal yang diperlukan untuk merawat 400 ml 100 ppm Reactive Blue CI 19 dengan penggumpal-penggumpal berbeza pada pH 4.5 dengan kelajuan awal 120 pusingan per minit selama 5 minit diikuti dengan kelajuan 50 pusingan per minit selama 25 minit 208

## SENARAI SINGKATAN NAMA

TGTA	Tanah Gambut Terolah Asid
BTGTA	Buburan Tanah Gambut Terolah Asid
PTG	Penggumpal Tanah Gambut
PAC	Polialuminium Klorida
IR	Inframerah
AAS	Spektroskopi Penyerapan Atom
EDS	Energy Dispersive Spectroscopy
ECR	Erichrome Cyanine R

## ABSTRAK

Tanah gambut merupakan tanah organik yang terhasil daripada pengumpulan bahan-bahan tumbuhan yang mengalami penguraian separa. Sifatnya yang berkutub dan berliang menjadikannya bahan penjerap yang berpotensi. Salah satu pengubahsuaian kimia yang dilakukan adalah pengolahan tanah gambut dengan asid sulfurik supaya keberkesanan penjerapannya dapat ditingkatkan. Kajian ini telah menjalankan pengolahan asid sulfurik ke atas dua jenis tanah gambut tempatan daripada Gunung Jerai, Kedah dan Batu Pahat, Johor untuk melihat keberkesanannya bagi tujuan pengolahan larutan pencelup tekstil.

Kajian isoterma penjerapan menggunakan tanah gambut terolah asid (TGTA) memberikan graf-graf linear dengan muatan penjerapan yang terlalu tinggi iaitu 1111.11 mg/g untuk Vat Blue CI 14 dan 909.09 mg/g untuk Vat Green CI 1. Nilai-nilai ini dianggap luar biasa dan tidak mungkin diasaskan semata-mata oleh proses penjerapan. Analisis tanah seterusnya menunjukkan bahawa kedua-dua jenis tanah gambut mengandungi peratusan Al dan Fe yang tinggi, iaitu 6.96 % Al dan 1.28 % Fe di dalam tanah gambut Gunung Jerai sementara 3.34 % Al dan 0.45 % Fe terdapat di dalam tanah gambut Batu Pahat. Maklumat ini serta keputusan bahawa bahan aktif yang menyahwarnakan larutan pencelup sebenarnya datang daripada larutan akueus tanah gambut (Penggumpal Tanah Gambut atau PTG) membuktikan bahawa mekanisme dominan pengolahan larutan pencelup sebenarnya bukan penjerapan tetapi penggumpalan. Bahan penggumpal ini juga telah dikenalpasti sebagai  $Al_2(SO_4)_3$  terhidrat.

Keadaan optimum untuk mengeluarkan Al dan Fe daripada tanah gambut, diperolehi dengan mereflukskan tanah gambut dengan 1.8 M asid sulfurik selama 1 jam dan hasil pengrefluksan ini dikeringkan dalam ketuhar selama 3 jam pada 350 °C. Kajian juga mendapati bahawa dengan kaedah ini sebanyak 32.03 % Al dan 68.89 % Fe (daripada jumlah logam) telah berjaya dikeluarkan daripada tanah gambut Batu Pahat sementara 72.41 % Al dan 82.03 % Fe (daripada jumlah logam) dapat dikeluarkan daripada tanah gambut Gunung Jerai.

Pengambilan pencelup oleh PTG didapati paling berkesan berlaku pada pH 4.5 dan selepas digoncang selama 30 minit. Perbandingan keupayaan larutan penggumpal tanah gambut dengan alum dan PAC yang dilakukan menunjukkan bahawa walaupun larutan penggumpal tanah gambut (PTG) mempunyai kepekatan Al yang lebih rendah daripada PAC, keupayaannya untuk merawat larutan pencelup Vat dan Disperse adalah setanding dengan PAC. PTG didapati hanya baik merawat pencelup-pencelup yang kurang terlarut dalam air seperti pencelup vat dan sebaran tetapi kurang baik merawat pencelup yang terlarut dalam air seperti reaktif dan hanya dapat mencapai kira-kira 50% penyahwarna.

Kajian ini telah membuktikan bahawa TGTA tidak semestinya bertindak sebagai penjerap seperti yang dilaporkan dalam kajian-kajian lain. Peranan Al dan Fe di dalam tanah gambut perlu diambil kira sekiranya bahan ini hadir dalam amaun yang ketara. Dalam keadaan ini, mekanisme penggumpalan mungkin lebih dominan daripada penjerapan dalam perawatan air buangan.

# The Role of Al and Fe in Sulfuric Acid Treated Peat As Coagulating Agents In The Treatment Of Textile Dyes Solution

## ABSTRACT

Peat is an organic soil which is formed from the accumulation of partially decomposed plant materials. Peat is always considered as a potential adsorbent due to its polar and porous characteristics. One of the chemical modifications normally done in order to improve its adsorptive properties is sulfuric acid treatment. This research had used two local sulfuric acid treated peats from Gunung Jerai, Kedah and Batu Pahat, Johor to study their effectiveness in treating textile dye solutions.

Adsorption isotherm studies of acid treated peat which gave linear graphs had shown that the adsorption capacity for Vat Blue CI 14 and Vat Green CI 1 were respectively 1111.11 mg/g and 909.09 mg/g. These values were however considered too high to be solely based on adsorption process. Analysis of soil showed that both types of peat soils had a high content of Al and Fe, specifically 6.96 % Al and 1.28 % Fe for Gunung Jerai peat soil and 3.34 % Al and 0.45 % Fe for Batu Pahat soil. It was also proven that the active component, which decolorized the dye solution actually came from the aqueous part of the acid treated peat solution, which was later discovered to be  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  hydrated. Thus the dominant factor in the removal of dyes was due to coagulation by aluminium but not adsorption.

The optimum conditions to leach out Al and Fe from peat soils was via refluxing of peat soils in 1.8 M sulfuric acid for one hour followed by 3 hours of drying in the furnace at 350 °C. Via this method as much as 32.03% Al and 68.89% Fe (from



total metal) could be obtained from Batu Pahat peat soil while 72.41% and 82.03% Fe (from total metal) had leached out from the Gunung Jerai peat soil.

It was also found that textile dyes were best taken up by peat solution at pH 4.5 with the optimum shaking time of 30 minutes. A comparison study of this coagulant with other conventional coagulants such as alum and PAC had also been carried out. Although the concentration of Al in peat solution was lower than that in 10% PAC solution, its abilities in treating textile dyes solution were as good. On the other hand, the peat solution was proven to be inferior in treating Reactive dyes with only 50% uptake.

This study had proven that the acid treated peat did not necessarily act as an adsorbent as reported in other studies. The roles of Al and Fe in the soil should be considered especially if the soil contains a significant amount of these metals. In such cases, coagulation process would play a more dominant role than adsorption in the treatment of wastewater.

## 1.0 PENGENALAN

### 1.1 TANAH GAMBUT

#### 1.1.1 Takrifan Tanah Gambut

Tanah gambut ialah sejenis tanah yang mengandungi banyak komponen bahan organik. Ianya berwarna perang kehitaman dan bercampur dengan bahan-bahan yang separa reput seperti akar dan ranting. Tetapi, kadangkala kekeliruan masih timbul dalam menentukan sama ada sesuatu tanah itu tanah gambut atau tidak, terutamanya dari segi kandungan organik yang hadir dalamnya. Dengan itu adalah perlu untuk mentakrifkan secara tepat kuantiti kandungan organik yang perlu hadir dalam sesuatu sampel tanah bagi membolehkannya diiktiraf sebagai tanah gambut.

Secara amnya, kebanyakan ahli sains tanah bersetuju bahawa tanah gambut ialah tanah yang mengandungi sekurang-kurangnya 65 % bahan organik (1,2), walaupun ada juga yang berpendapat bahawa tanah yang mengandungi sekurang-kurangnya 50% bahan organik boleh ditafsirkan sebagai tanah gambut (3). Kongress Antarabangsa Sains Tanah yang diadakan di Rusia pada tahun 1930, telah mencadangkan definisi tanah gambut sebagai tanah organik yang kedalamannya sekurang-kurangnya 0.5 meter dengan keluasan 1 hektar dan mengandungi bahan mineral yang tidak melebihi 35% (4).

### 1.1.2 Pembentukan Tanah Gambut Dan Pengelasannya

Tanah gambut terbentuk daripada tumbuh-tumbuhan mati melalui proses humifikasi. Proses pembentukan tanah gambut biasanya bersifat anaerobik dan berlaku di tempat-tempat yang sentiasa bertakung air. Dengan itu, tanah gambut kebanyakannya didapati di tempat-tempat yang bercuaca lembap lagi sejuk atau sederhana kerana cuaca yang panas akan menggalakkan pemusnahan sebatian-sebatian organik melalui proses pengoksidaan bakteria aerobik (3,5).

Tanah gambut dapat dikelaskan kepada tiga jenis kumpulan mengikut proses pembentukannya. Pada peringkat pertama, pembentukan tanah gambut berlaku di tempat-tempat yang bertakung air ataupun di paya-paya yang airnya agak cetek. Di sini tumbuh-tumbuhan air seperti *Phragmites*, *Carices* dan sebagainya tumbuh. Apabila tumbuhan ini mati, sisa-sisa mereka akan terkumpul di dasar paya, bercampur dengan sedikit selut paya dan mula menjalani pereputan bakteria anaerobik. Proses ini akan berterusan sehingga sisa tumbuhan yang dihumifikasikan itu meliputi keseluruhan kawasan paya tersebut. Tanah yang terbentuk sedemikian mengandungi mineral yang agak banyak (10 - 25%) yang dibawa oleh anak-anak sungai dan tanah ini dikenali sebagai tanah gambut fen atau pun tanah gambut eurofik.

Sekiranya sesuatu kawasan itu tidak mempunyai takungan air, pereputan tumbuh-tumbuhan seperti lumut dan pokok-pokok kayu pula menjadi bahan asas pembentukan tanah gambut. Tanah gambut yang terhasil dalam keadaan begini dikenali sebagai tanah gambut peralihan (*transitional peat*) atau tanah gambut berkayu atau mesotrofik.

Seterusnya, di kawasan yang terlindung oleh pokok-pokok, kehilangan air daripada permukaan tanah dapat dikurangkan dan ini akan menggalakkan pertumbuhan

lumut sphagnum. Pada masa yang sama, bahan mineral dalam tanah berkurangan dengan banyaknya. Ini adalah disebabkan oleh penggunaan bahan-bahan mineral oleh tumbuh-tumbuhan dan pokok-pokok di kawasan sebegini. Tambahan pula, air-air takungan pada peringkat pertama yang mengandungi banyak mineral telah kering kerana diliputi oleh tanah gambut dan sisa-sisa tumbuhan. Jadi, tanah gambut yang terbentuk pada peringkat ini didapati mengandungi bahan mineral yang rendah (1 - 2%). Hasilnya ialah pembentukan tanah gambut peringkat terakhir, iaitu tanah gambut bog atau tanah gambut oligotrofik, yang banyak ditumbuhi dengan tumbuhan sphagnum dan rumput-rumput kapas (*Eriophorum*) (2).

### 1.1.3 Komposisi Kimia dalam Tanah Gambut

Komponen tunggal yang terbesarnya dalam sesuatu tanah gambut ialah air. Tanah gambut yang baru digali biasanya mengandungi 80 - 90 % air. 10 - 20 % baki bahan pepejalnya adalah terdiri daripada sebatian-sebatian organik seperti lignin dan selulosa serta bahan mineral. Komposisi kimia yang berbeza dalam tanah gambut bergantung kepada proses penguraian sisa-sisa tumbuhan dan mikroorganisma dalam tanah (5, 6).

Tumbuh-tumbuhan yang akhirnya menyumbang kepada tanah gambut mengandungi protein, karbohidrat, lipid dan polifenol seperti lignin. Selain daripada itu, terdapat juga asid nukleik, alkaloid, vitamin, pigmen dan mineral dalam amaun yang kecil. Apabila tumbuhan itu mati, gula-gula ringkas dan kanjinya diuraikan dengan cepat oleh mikroorganisma dalam tanah (5, 6). Sebaliknya, hemiselulosa, pektin dan gum diuraikan dengan lambat dan akan hadir bersama selulosa dan lignin sebagai komponen dalam tanah gambut. Lipid-lipid yang wujud dalam tumbuhan seperti lemak, asid-asid lemak, lilin,

steroid dan terpena tidak larut dalam air. Bahan-bahan ini menjadi komponen stabil dalam tanah gambut dan biasanya dipanggil sebagai bitumen (5).

Asid humik, satu komponen utama tanah gambut, yang mempunyai ciri-ciri fenolik dan mengandungi unsur nitrogen dalam strukturnya, dipercayai merupakan bahan terbitan daripada lignin (yang juga merupakan polifenol) dan asid amino yang terurai daripada protein tumbuhan.(3, 5, 7)

Selain daripada bahan-bahan organik, sebahagian daripada tanah gambut juga terdiri daripada komponen takorganik. Kandungan takorganik ini berbeza-beza mengikut jenis tanah gambut seperti yang dinyatakan di bahagian sebelum ini.

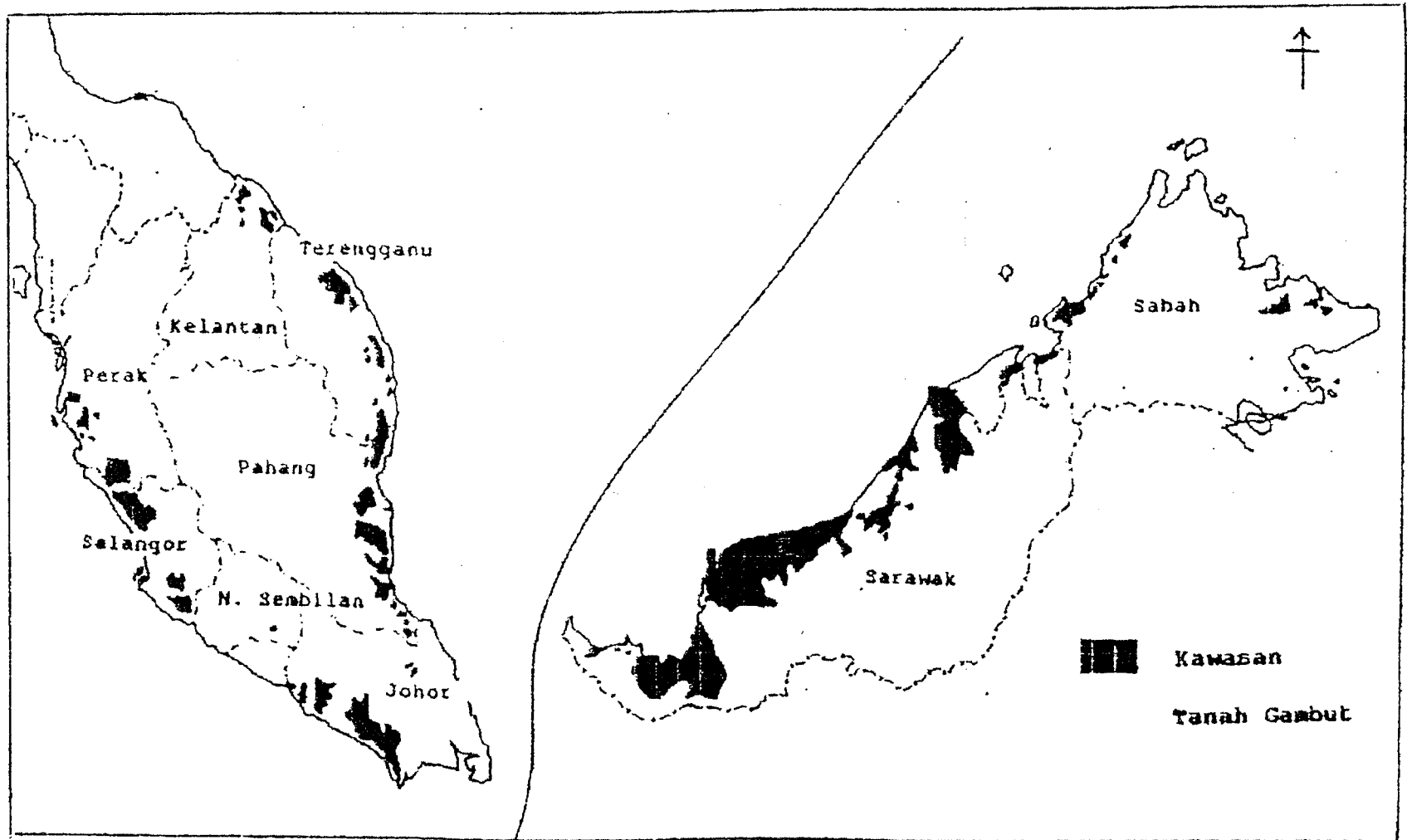
#### 1.1.4 Tanah Gambut Di Malaysia

Di negara ini wujud satu faktor utama yang mendorong pembentukan tanah gambut, iaitu sumber hujan yang banyak. Banjir selalu berlaku di tempat-tempat yang rendah dan di situlah air akan bertakung dan tanah gambut akan terbentuk.

Malaysia dianggarkan mempunyai kira-kira 2.5 juta hektar keluasan tanah gambut. Antara kawasan tanah gambut yang terbesar terdapat di Sarawak dan diikuti oleh Pahang, Johor dan negeri-negeri lain. Jadual 1.1 dan Rajah 1.1 memberikan taburan kawasan tanah gambut di Malaysia. (8)

Jadual 1.1 Taburan Keluasan Kawasan Tanah Gambut Mengikut Negeri di Malaysia (8)

Negeri	Keluasan (x 1000 hektar)
Sarawak	1466
Pahang	285
Johor	216
Selangor	182
Sabah	86
Perak	69
Terengganu	46
Kelantan	11
Negeri Sembilan	4



Rajah 1.1 - Peta Malaysia menunjukkan taburan tanah gambut (1)

Kebanyakan tanah gambut yang terbentuk di negara ini terdapat di dalam hutan-hutan yang keadaan muka buminya rendah. Secara amnya, kedalaman tanah gambut pada sesuatu kawasan bertambah semakin ia jauh daripada pantai dan berkurangan apabila semakin hampir kepada kaki bukit (2).

### 1.1.5 Kegunaan Tanah Gambut

Selain daripada bidang pertanian, tanah gambut telah lama digunakan sebagai satu sumber bahan api dan sebagai bahan mentah untuk menghasilkan bahan-bahan kimia yang lain.

Kawasan simpanan tanah gambut di seluruh dunia adalah lebih kurang sama dengan simpanan arang batu. Simpanan arang batu adalah dianggarkan sebanyak  $7.6 \times 10^{12}$  ton manakala simpanan tanah gambut pula sebanyak  $0.3 \times 10^{12}$  ton dengan keluasan kawasan sebanyak  $4.172 \times 10^8$  hektar tanah (9). Haba yang mampu dijanakan oleh pembakaran tanah gambut adalah kira-kira  $2/3$  daripada haba arang batu bitumen pada jisim yang sama.

Di Negara Jerman dan Finland, arang kok dari tanah gambut telah lama digunakan dengan meluas dalam perindustrian pengekstrakan logam (7). Di Ireland dan Belanda, tanah gambut adalah bahan mentah untuk menghasilkan karbon teraktifkan (7). Di Rusia pula, terdapat industri-industri yang menggunakan tanah gambut untuk menghasilkan lilin, gula untuk penghasilan yis dan bahan-bahan kimia yang lain (7). Campuran sebatian-sebatian kimia yang wujud dalam tanah gambut juga membuka peluang untuk perkembangan industri perubatan dan industri yang berorientasikan biokimia.



Salah satu kegunaan tanah gambut yang agak istimewa adalah sebagai bahan penjerap. Lignin yang wujud di dalamnya merupakan satu sebatian kimia yang mempunyai kumpulan-kumpulan berfungsi yang berkutub seperti alkohol, aldehid, keton, asid fenolik dan eter, yang dapat terlibat dalam pengikatan kimia. Ciri-ciri sebegini telah dieksploitasikan oleh ahli-ahli kimia bagi pembersihan air buangan yang mengandungi ion-ion logam berat dan molekul-molekul organik yang berkutub.(10 - 13)

Terdapat juga kajian yang dijalankan melibatkan tanah gambut dalam perawatan air buangan perindustrian seperti minyak, detergen, fosfat dan pencelup. Hasil yang baik telah diperolehi melalui proses penggumpalan bahan-bahan buangan ini dengan penggumpal-penggumpal yang sesuai seperti ferum (III) klorida, dan kemudiannya diikuti dengan perawatan melalui tanah gambut (10).

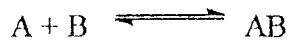
Sungguhpun demikian, aspek penggunaan terus tanah gambut atau bahan yang terdapat di dalamnya untuk tujuan penggumpalan belum lagi dilakukan.

## 1.2 PERAWATAN AIR BUANGAN DENGAN KAEDAH PENJERAPAN

Proses penjerapan sering digunakan di dalam perawatan air buangan seperti penyingkiran bahan berwarna. Penjerapan sesuatu bahan melibatkan pengumpulan bahan tersebut pada antaramuka antara dua fasa, seperti antara cecair dan pepejal, ataupun antara suatu gas dan pepejal. Bahan yang terjerap dipanggil sebagai bahan terjerap manakala tapak di mana penjerapan berlaku disebut penjerap (14).

### 1.2.1 Keseimbangan Penjerapan

Penjerapan molekul-molekul boleh dianggap sebagai suatu tindakbalas kimia :



di mana A dan B masing-masing mewakili bahan terjerap dan penjerap, sementara AB adalah hasil gabungan penjerapan. Bahan terjerap dipegang pada permukaan penjerap oleh pelbagai jenis ikatan kimia seperti ikatan hidrogen, daya-daya aruhan dan daya-daya Van der Waals (14).

Sekiranya tindak balas penjerapan adalah berbalik, molekul-molekul bahan terjerap akan terus terkumpul pada permukaan penjerap sehingga kadar tindak balas ke depan (penjerapan) adalah sama dengan kadar tindak balas ke belakang (penyahjerapan). Apabila keadaan ini berlaku, proses penjerapan dikatakan mencapai keseimbangan dan tiada lagi pengumpulan yang akan berlaku (14).

### 1.2.2 Persamaan Isoterma

Salah satu daripada ciri-ciri utama bagi sesuatu penjerap adalah kuantiti bahan yang ia dapat menjerap. Pada suhu tetap, perhubungan di antara kuantiti bahan terjerap per unit penjerap,  $q_e$  dan kepekatan keseimbangan bahan terjerap,  $C_e$  adalah dipanggil sebagai isoterma penjerapan (14). Terdapat beberapa model yang cuba menerangkan fungsi ini, tetapi dua yang paling kerap digunakan adalah Model Isoterma Freundlich dan Model Isoterma Langmuir .

### 1.2.2.1 Isoterma Freundlich

Persamaan yang diterbitkan oleh Freundlich adalah satu persamaan empiris.

Persamaannya berbentuk :

$$q_e = K C_e^{1/n} \quad (1.1)$$

yang dapat ditukarkan kepada bentuk linear sebagai

$$\log q_e = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \quad (1.2)$$

Parameter  $q_e$  dan  $C_e$  masing-masing merujuk kepada kepekatan pada permukaan penjerap dan kepekatan dalam larutan semasa keseimbangan tercapai sementara  $K$  dan  $n$  adalah pemalar-pemalar. Pemalar  $K$  dalam persamaan Freundlich adalah berkaitan dengan muatan penjerapan terhadap bahan terjerap dan  $\frac{1}{n}$  adalah fungsi bagi kekuatan penjerapan (14).

### 1.2.2.2 Isoterma Langmuir

Persamaan Langmuir diberikan seperti berikut :

$$q_e = \frac{q_m b C_e}{1 + b C_e} \quad (1.3)$$

di mana  $b$  dan  $q_m$  adalah pemalar. Pemalar  $q_m$  mewakili kepekatan bahan pada permukaan penjerap yang dinyatakan sebagai muatan monolapisan dan mewakili nilai maksimum bagi  $q_e$  yang boleh tercapai. Pemalar  $b$  pula mempunyai kaitan dengan tenaga penjerapan dan akan bertambah dengan penambahan kekuatan ikatan penjerapan (14).

Persamaan 1.3 boleh ditukar kepada bentuk linear seperti berikut :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{1}{q_m} \quad (1.4)$$

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{c_e}{q_m} \quad (1.5)$$

Nilai-nilai bagi  $q_m$  dan  $b$  boleh ditentukan dengan memplotkan graf  $\frac{c_e}{q_e}$  lawan  $C_e$  dan  $\frac{1}{q_m b}$  adalah pintasan y sementara  $\frac{1}{q_m}$  adalah kecerunan graf (14).

Kedudukan bagi sesuatu sistem penjerapan boleh diramalkan sebagai “menggalakkan” (favourable) atau “tidak menggalakkan” (unfavourable) dengan menggantikan pemalar Langmuir,  $b$ , ke dalam persamaan 1.6. (15)

$$R = \frac{1}{1 + bC_0} \quad (1.6)$$

Berdasarkan kepada nilai bagi faktor pemisahan,  $R$ , graf bagi isoterma dapat digambarkan dengan kepekatan awal  $C_0$  tertentu, seperti di bawah :

<u>Nilai R</u>	<u>Jenis penjerapan</u>
$R > 1.0$	Tidak menggalakkan
$R = 1.0$	Linear
$0 < R < 1.0$	Menggalakkan
$R = 0$	Tidak berbalik

## 1.3 PERAWATAN AIR BUANGAN DENGAN KAEDAH PENGGUMPALAN (COAGULATION)

Biasanya, air memerlukan perawatan-perawatan yang sesuai sebelum boleh diagihkan kepada pengguna-penggunanya. Bendasing-bendasing daripada hakisan tanah, penguraian mineral-mineral dan pereputan tumbuhan organik, yang wujud dalam perairan perlu disingkirkan sebelum dapat digunakan. Keperluan ini bertambah dengan adanya sumbangan hasil-hasil buangan yang dikeluarkan daripada kilang-kilang ataupun secara domestik. Proses penggumpalan yang biasanya diikuti oleh proses penapisan merupakan kaedah yang paling biasa digunakan untuk menyingkirkan bendasing-bendasing yang membentuk kekeruhan di dalam air.

Cecair yang berwarna pula selalunya mengandungi sama ada hidroksida logam seperti besi, ataupun bahan organik seperti pencelup. Bahan-bahan ini juga dapat disingkirkan dengan kaedah penggumpalan. Selain daripada itu, penggumpal seperti kalsium hidroksida juga digunakan untuk melembutkan air liat. Proses penggumpalan juga digunakan dalam merawat air buangan perindustrian seperti arangbatu, kulit (tanning), logam, tekstil, kertas dan sebagainya, sebelum ia disalurkan ke dalam sungai atau laut (16 - 17).

### 1.3.1 Proses Penggumpalan

#### 1.3.1.1 Definasi Penggumpalan

Air yang hendak digunakan sebagai air minuman atau digunakan dalam perindustrian biasanya tidak sesuai digunakan secara mentah kerana kehadiran bendasing-

bendasing seni yang terapung (suspended) di dalamnya. Sekiranya zarah-zarah seni ( $0.001 - 1 \mu$ ) ini dibiarkan mendap dengan sendiri secara graviti, ia akan mengambil masa yang agak panjang dan tidak begitu praktikal. Jadual 1.2 menunjukkan kesan saiz zarah terhadap masa mendapan (16).

Zarah-zarah koloid yang terapung di dalam air biasanya bercas negatif dan akan menolak apabila mereka mendekati antara sama satu lain. Zarah-zarah koloid ini akan kekal terapung dalam keadaan begini dan mengambil masa yang begitu lama untuk mendap secara sendiri selagi tiada bahan lain yang menyahstabilkan mereka.

Oleh itu kaedah-kaedah tertentu untuk mempercepatkan kadar endapan zarah-zarah halus itu perlu digunakan. Pembesaran saiz bagi zarah-zarah ini juga diperlukan supaya proses penurasan boleh dijalankan dengan berkesan. Salah satu daripada kaedah yang dimaksudkan di sini yang telah digunakan oleh manusia sejak berzaman lagi dinamakan penggumpalan (18).

Secara mikroskopik, penggumpalan dapat diperolehi dengan menambah bahan kimia sesuai yang membolehkan zarah-zarah terapung (suspended particles) melekat kepada satu sama lain semasa mereka bertembung. Saiz zarah-zarah terapung ini menjadi semakin membesar dan akhir sekali cukup berat untuk dimendapkan. Selepas itu, zarah-zarah ini boleh diturunkan.

Istilah penggumpalan merangkumi kesemua tindakbalas serta mekanisme yang menghasilkan penggumpalan zarah-zarah dalam air yang diolah, termasuklah pembentukan penggumpal-penggumpal *in situ* (seperti  $Al(OH)_3$ ), dan penyahstabilan zarah-zarah serta interaksi fizikal antara zarah-zarah (6, 17 - 19).

Jadual 1.2 Kesan Saiz Zarah Terhadap Masa Endapan (16)

Bahan	Diameter (mm)	masa mendapan *
Batu kelikir kecil	10	0.3 saat
Pasir kasar	1	3 saat
Pasir halus	0.1	38 saat
Selut	0.01	33 minit
Bakteria	0.001	55 jam
Zarah koloid	0.0001	230 hari
Zarah koloid	0.00001	6.3 tahun
Zarah koloid	0.000001	lebih daripada 63 tahun

\*Pengiraan adalah berdasarkan kepada sfera dengan graviti spesifik sebanyak 2.65 dan mendap sebanyak 30 cm

Proses penggumpalan biasanya memerlukan dua buah tangki yang disusun secara bersiri. Salah satu daripadanya ialah tangki pergaulan laju di mana penggumpal dimasukkan dan pembentukan penggumpal *in situ* dan penyahstabilan zarah-zarah berlaku. Tangki pengelompokan (flocculation tank) pula ialah tangki yang menggalakan pertembungan zarah-zarah. Biasanya pada peringkat kedua, kadar pergaulan akan diperlambatkan agar zarah-zarah dapat berinteraksi dengan baik, bagi membentuk saiz zarah yang lebih besar. (18)

### 1.3.1.2 Mekanisme Penggumpalan

Sesuatu zarah akan terapung (suspended) dalam air ataupun tergumpal bergantung kepada faktor penstabilan ataupun penyahstabilannya dalam air tersebut.

Penstabilan itu merujuk kepada sifat zarah koloid untuk berada dalam keadaan terapung tidak kira berapa lama masa yang diambil. Contoh-contohnya termasuk protein, kanji, polimer-polimer besar dan bahan-bahan humik ; manakala penyahstabilan membawa maksud kegemaran zarah-zarah itu untuk bergumpal ketika mereka bertembung. Contoh-contohnya ialah oksida-oksida logam dan mikroorganisma.

Dengan itu, peranan penggumpal adalah untuk menyahstabilkan zarah-zarah yang dalam keadaan tersebar itu (dispersion) supaya dapat membentuk gumpalan-gumpalan yang akhirnya mudah mendap. (18)



### 1.3.1.3 Daya-daya Penstabilan

Mengikuti Teori DLVO (Derjaguin, Landau, Verwey, Overbeek) yang dikemukakan pada tahun 1948, apabila zarah-zarah koloid terapung dalam air dan berada berdekatan antara satu sama lain, beberapa jenis interaksi akan berlaku untuk mempengaruhi kestabilan mereka. Antaranya termasuk daya-daya penarikan Van der Waals, daya penolakan elektrik, tenaga penghidratan dan interaksi sterik. Daya-daya penarikan dan penolakan itu pula merupakan satu fungsi jarak di antara zarah-zarah (18, 20).

#### Daya Penolakan Elektrik (Electrical Repulsion)

Secara umumnya, kebanyakan ahli-ahli sains koloid mempercayai bahawa kestabilan zarah-zarah hidrofobik disebabkan, sebahagian besarnya, oleh fenomena lapisan berganda elektrik (electrical double layer). Lapisan berganda elektrik dapat dijelaskan menerusi model Gouy-Chapman-Stern seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.2.

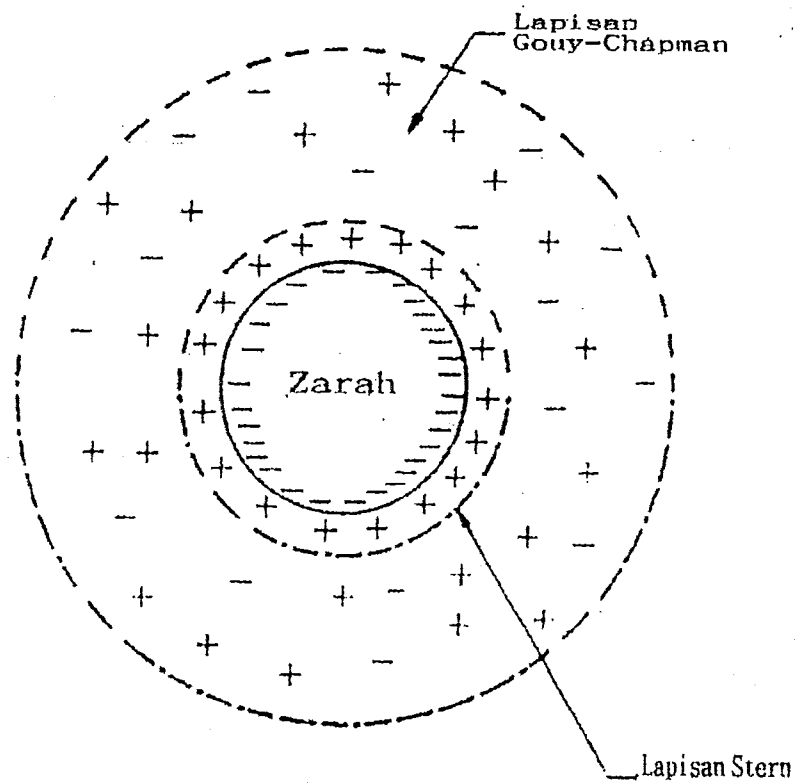
Mengikuti teori ini, zarah-zarah hidrofobik yang terapung dalam air membawa cas-cas elektrik pada permukaan mereka. Cas-cas elektrik ini biasanya bersifat negatif. Ia berpunca daripada proses pengionan atom-atom pada permukaan zarah-zarah ataupun penerimaan cas daripada persekitaran seperti ion hidroksida. Ion-ion ini dipegang kuat pada permukaannya dan menarik ion-ion yang bercas berlawanan dari air ke arahnya.

Dengan ini, terbentuklah satu lapisan ion lawan (counter ion) yang terlekat kuat secara daya elektrostatis pada permukaan zarah koloid tersebut. Lapisan dalaman ini dipanggil sebagai lapisan Stern. Ion-ion pada lapisan Stern, mengaruh ion-ion di luarnya dan membentuk satu lagi lapisan ion-ion teraruh yang dikenali sebagai lapisan Guoy-Chapman. Dengan ini, Lapisan Stern dan Lapisan Guoy-Chapman membentuk lapisan berganda elektrik.

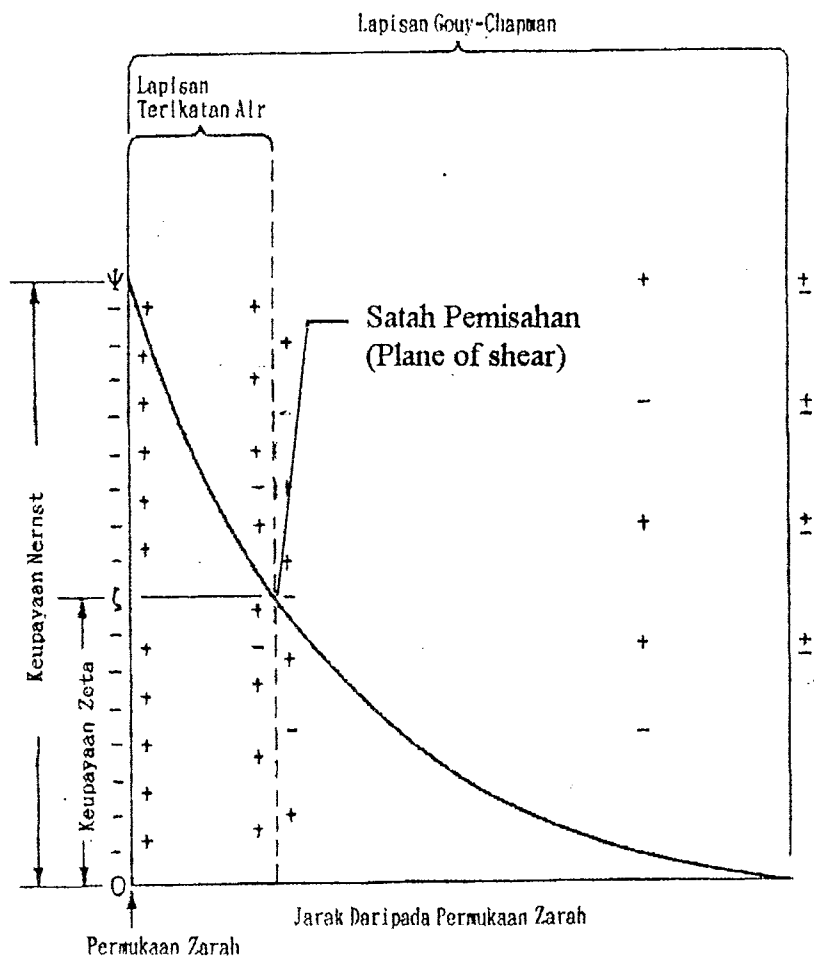
Cas berlawanan yang wujud pada permukaan dan persekitaran zarah telah membentuk satu taburan keupayaan elektrik seperti yang ditunjukkan pada Rajah 1.3. Keupayaan ini menurun secara eksponen dari permukaan zarah dan menjadi sifar sekiranya kepekatan kation dan anion yang hadir adalah sama.

Satu satah pemisahan (plane of shear) yang mewakili bahagian di mana air dan ion-ion yang terikat kepada zarah semasa zarah itu bergerak wujud tidak jauh daripada permukaan zarah tersebut. Ini bermaksud satah pemisahan ini memisahkan molekul air terhidrat daripada air yang "bebas". Keupayaan yang wujud pada satah pemisahan ini adalah satu parameter yang penting dan berguna kerana ianya boleh diukur. Keupayaan ini dikenali sebagai keupayaan zeta (zeta potential) dan ia merupakan satu ukuran bagi kestabilan zarah.

Peranan utama bagi lapisan berganda elektrik yang terdapat pada zarah itu adalah untuk memastikan kestabilan zarah tersebut dalam air. Apabila dua zarah yang bercas sama bergerak hampir kepada satu sama lain, satu daya penolakan akan timbul apabila lapisan Guoy-Chapman mereka bertindih. Magnitud bagi daya penolakan itu bergantung kepada keupayaan pada permukaan zarah (keupayaan Nernst) ataupun keupayaan zeta (18, 20).



Rajah 1.2 Penggambaran Bagi Lapisan Berganda Elektrik (20)



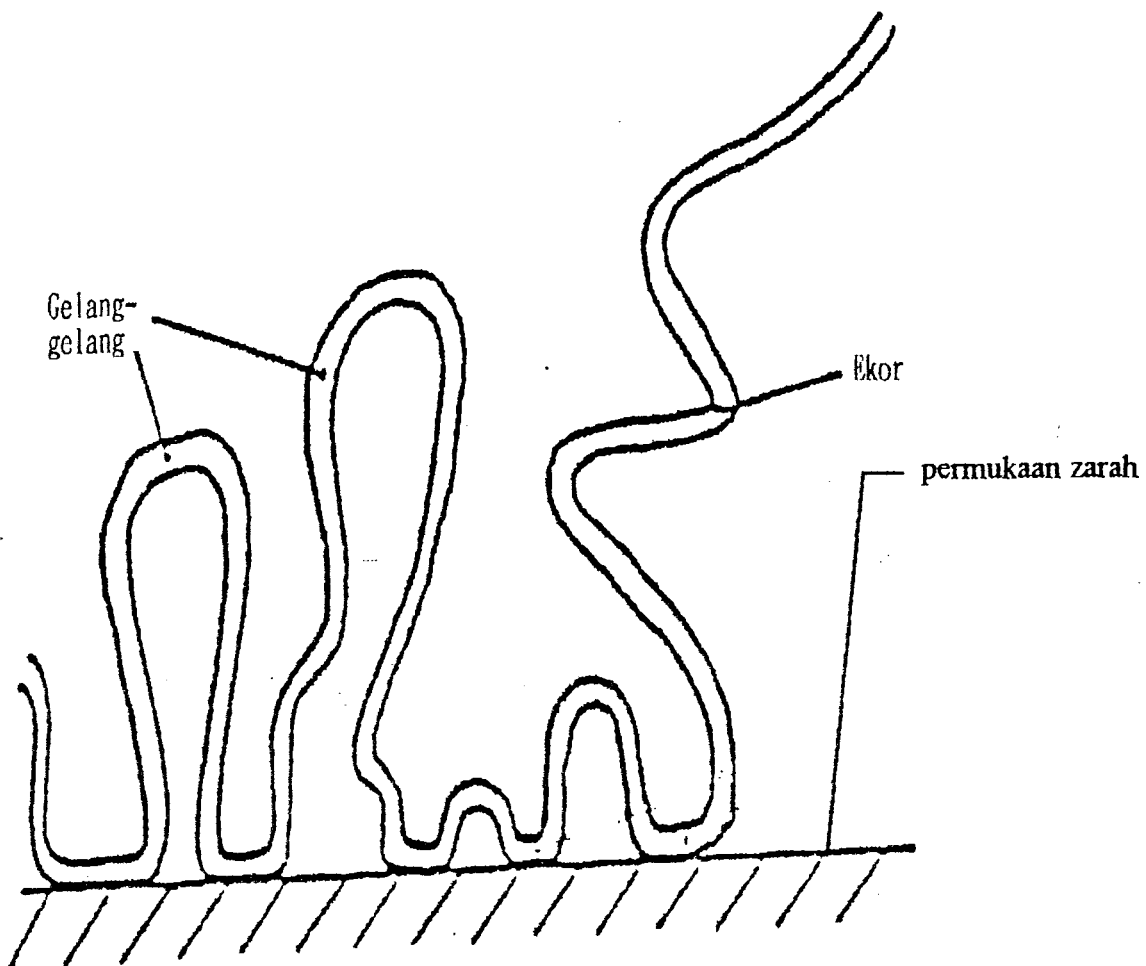
Rajah 1.3 Taburan Keupayaan sebagai fungsi bagi jarak dari permukaan zarah (18)

Atas dasar ini, kesan net lapisan berganda elektrik ini ialah menghalang zarah-zarah koloid daripada bergerak hampir kepada satu sama lain dan dengan ini, memelihara kestabilan zarah-zarah dalam air.

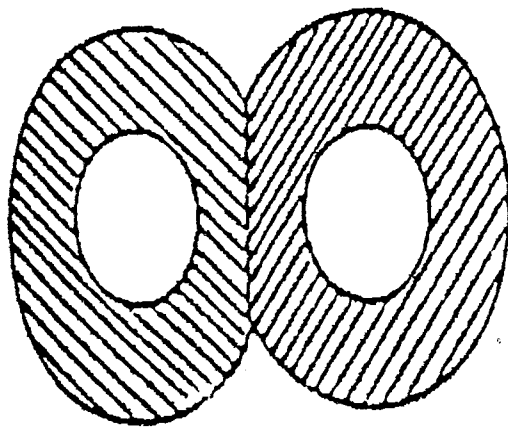
Bagi sistem koloid yang hidrofilik, kestabilannya adalah dipelihara secara khusus oleh fenomena penghidratan. Dalam kes ini, molekul-molekul air terikat pada permukaan zarah-zarah dan bertindak sebagai halangan bagi zarah-zarah daripada saling bersentuhan dan dengan ini, menjanakan daya penolakan tambahan.

Di dalam kes-kes tertentu penstabilan sterik boleh terbentuk daripada penjerapan polimer-polimer pada permukaan antara zarah dan air. Polimer-polimer besar boleh membentuk bahagian-bahagian yang terjerap atas permukaan zarah dan bahagian-bahagian lain khususnya yang hidrofilik akan "terampai" dalam bahagian air. Rajah 1.4 menerangkan fenomena ini.

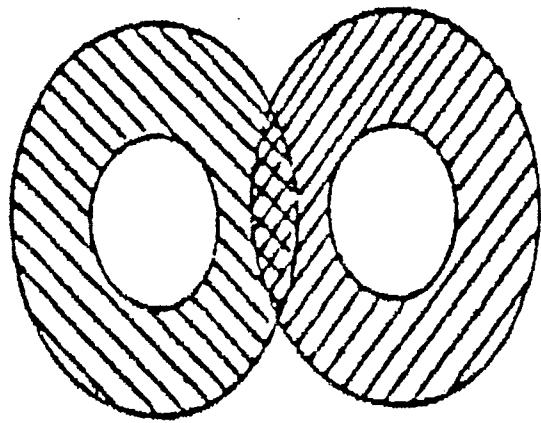
Gregory (1978) telah merumuskan bahawa terdapat dua proses yang menghasilkan daya penolakan apabila dua zarah yang berlapisan polimer itu berdekatan. Pertamanya, apabila dua zarah sedemikian berlanggar, lapisan-lapisan terjerap itu akan termampat dan menyebabkan pengurangan isipadu bagi zarah-zarah terjerap. Pengurangan isipadu ini seterusnya menghalang pergerakan bagi polimer-polimer dan mengakibatkan penolakan antara zarah-zarah. Kedua, lapisan-lapisan terjerap itu mungkin saling menembusi semasa perlanggaran, mengakibatkan peningkatan kepekatan polimer di dalam kawasan pertindihan. Seterusnya, bahagian polimer luar yang lebih hidrofilik itu akan menolak antara satu sama lain dan mengekalkan kestabilannya. (Rajah 1.5)



Rajah 1.4 Penggambaran bagi polimer panjang yang terjerap atas zarah (21)



Penampatan  
(Compression)



Saling Penembusan  
(Interpenetration)

Rajah 1.5 Dua jenis interaksi penolakan yang mungkin bagi zarah-zarah hasilan sterik (21)

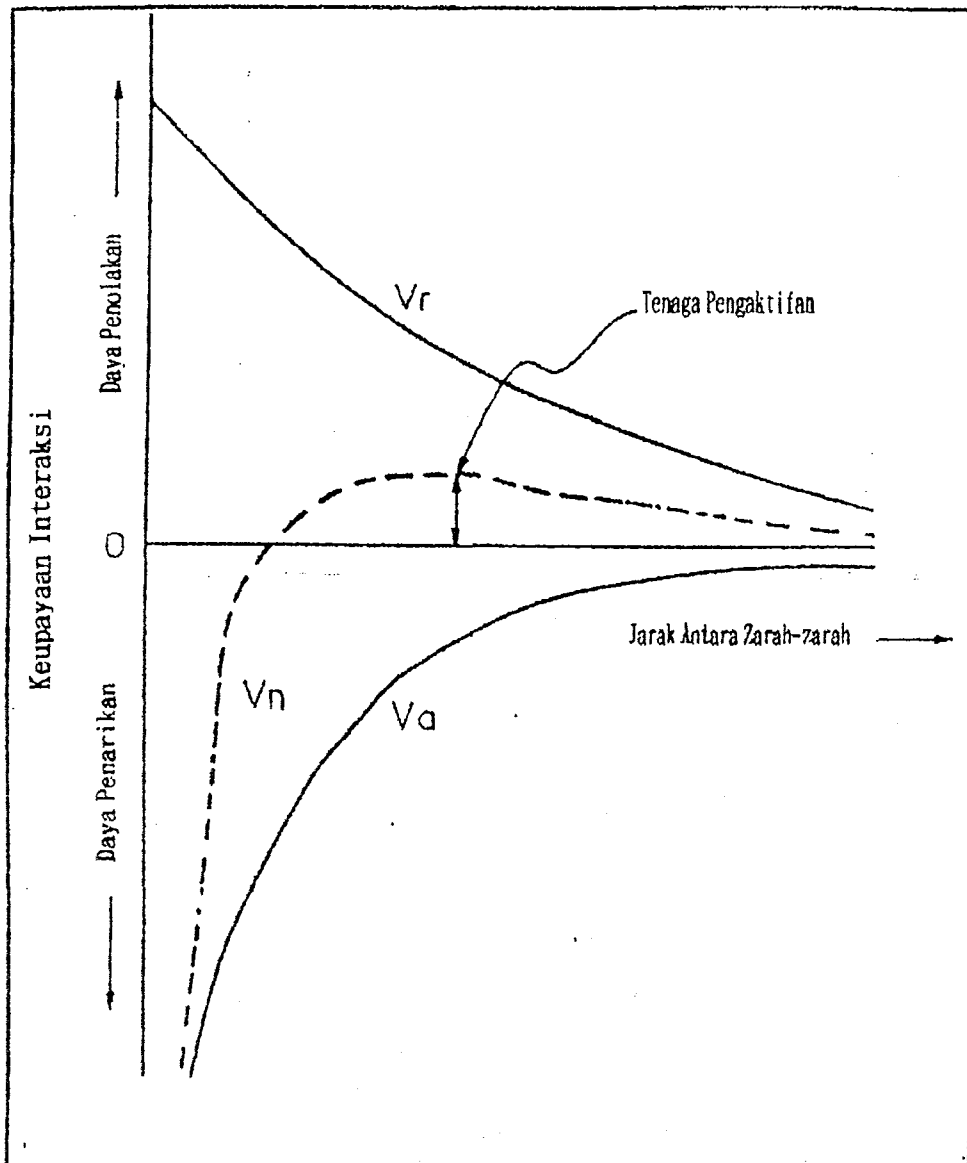
#### 1.3.1.4 Daya-daya Penyahstabilan

Selain daripada daya-daya penolakan, wujud juga daya-daya penarikan. Daya-daya ini, yang dinamakan daya-daya Van der Waals, adalah terlibat dalam penggumpalan zarah-zarah koloid. Daya-daya sedemikian wujud disebabkan oleh interaksi dwikutub (dipole interaction), sama ada yang kekal ataupun yang teraruh (daya London), di antara zarah-zarah koloid atau molekul-molekul air. (18)

Daya-daya Van der Waals antara dua zarah ini akan berkurangan dengan penambahan jarak antara mereka. Jadi, selain daripada keupayaan penolakan,  $V_r$ , yang dihasilkan daripada hubungan lapisan berganda elektrik, terdapat juga daya-daya penarikan,  $V_a$ . Keupayaan ini juga akan turun sekiranya jarak antara zarah-zarah itu diperbesarkan. Gabungan kesan kedua-dua jenis keupayaan ini telah diperjelaskan dalam teori DLVO seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.6. Keupayaan bersih  $V_n$ , adalah hasil daripada gabungan kesan keupayaan penolakan dan keupayaan penarikan.

Apabila penolakan elektrik berkeadaan dominan semasa interaksi zarah-zarah, sistem itu dikatakan stabil dan penggumpalan akan berlaku sama ada secara perlahan ataupun tiada langsung. Keupayaan penolakan bersih itu juga boleh dianggap sebagai tenaga pengaktifan (energy barrier) bagi sistem tersebut yang mesti diatasi sebelum penggumpalan dapat berlaku. Magnitud bagi tenaga pengaktifan ini bergantung kepada keupayaan penolakan. Dengan erti kata lain, kuantiti cas pada permukaan zarah dan kekuatan ion dalam larutan menjadi penentu sama ada berlaku atau tidaknya proses penggumpalan.





Rajah 1.6 Keupayaan interaksi dinyatakan sebagai fungsi bagi jarak pemisahan antara zarah-zarah dalam satu larutan yang kekuatan ion rendah (20)