

**PENKELASAN DAN PENCIRIAN SAMPEL TANAH MENGGUNAKAN  
GELOMBANG MIKRO**

**oleh**

**MOHD FAIRUZ AFFANDI BIN AZIZ**

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi  
Ijazah Sarjana Sains**

**APRIL 2007**

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah syukur ke hadrat Illahi kerana dengan bantuan dan izinnya, saya dapat menimba ilmu pengetahuan yang tidak ternilai harganya melalui projek ijazah sarjana ini.

Setinggi penghargaan saya rakamkan kepada Prof. Madya Mohamad Suhaimi Bin Jaafar selaku penyelia utama di atas segala bimbingan dan tunjuk ajar yang telah beliau curahkan sedari awal projek ini bermula.

Jutaan terima kasih juga kepada Encik Halim Bin Abdul Ghani, Penolong Pengarah Bahagian Pengurusan Dan Pemeliharaan Sumber Tanah, Jabatan Pertanian Putrajaya, dan Puan Hashimah, Penolong Pengarah Bahagian Pengurusan Dan Pemeliharaan Sumber Tanah, Jabatan Pertanian Alor Setar yang telah banyak membantu dalam pencarian sampel tanah di samping pemberian maklumat-maklumat untuk melicinkan penyelidikan ini.

Seterusnya saya ingin menunjukan penghargaan saya buat kedua ibu bapa serta keluarga yang saya sayangi iaitu Aziz Saad, Zainab Abdul Rani, Siti Murni Aziz dan Siti Masni Aziz yang telah banyak memberikan kasih sayang, sokongan moral dan sumbangan material sepanjang saya menimba ilmu di Pusat Pengajian Sains Fizik ini.

Kepada semua pembantu makmal Pusat Pengajian Sains Fizik terutamanya En Yahya dan juga semua yang lain, semoga Allah membalas budi anda semua berlipat ganda, Insya Allah. Terima kasih juga kepada semua warga pelajar Master di bawah seliaan Prof Madya Dr. Suhaimi iaitu Siti Aishah Ar.Azmi, Nor Fadhlin Jaafar, Mohd Syaharil Amin, Mohd Zaki Bin Yusoff, Azrul Nizam Alias dan Mohd Dzulunun Abdul Fattah serta rakan pelajar Sarjana Biologi iaitu Nik Mohd Izham dan Wan Mohd Zaki

yang selalu memberikan nasihat, tunjuk ajar dan motivasi kepada saya dalam menyiapkan tesis ini.

Akhir kata, semoga jasa anda semua mendapat balasan pahala daripada Allah. Bantuan anda semua akan saya kenang sehingga akhir hayat. Sekian terima kasih.

## SENARAI KANDUNGAN

	Muka surat
<b>Penghargaan</b>	ii
<b>Senarai Kandungan</b>	iv
<b>Senarai Jadual</b>	vi
<b>Senarai Rajah</b>	vii
<b>Abstrak</b>	ix
<b>Abstract</b>	x
<b>Bab 1 : Pengenalan</b>	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	2
1.3 Rangka tesis	3
<b>Bab 2 : Tinjauan Literatur</b>	4
<b>Bab 3 : Teori Tanah Dan Gelombang Mikro</b>	9
3.1 Gelombang mikro	9
3.2 Persamaan gelombang mikro	11
3.2.1 Persamaan Maxwell	11
3.3 Pancaran dan pantulan gelombang mikro	13
3.3.1 Pancaran dan pantulan gelombang mikro dari medium konduktor	13
3.3.2 Pancaran dan pantulan gelombang mikro dari medium dielektrik; insiden secara normal dengan permukaan	14
3.4 Teori pantulan gelombang	16
3.5 Komponen Tanah dan Fasa-fasanya	18
3.5.1 Fasa pepejal	18
3.5.2 Fasa cecair	19
3.5.3 Fasa gas	19
3.6 Jenis tanah dan tekstur	20
3.7 Keliangan	22

3.8	Penyerapan kation dan keupayaan penukaran kation	23
<b>Bab 4 : Bahan Dan Kaedah Kajian</b>		<b>25</b>
4.1	Pengenalan	25
4.2	Pengambilan sampel tanah	25
4.3	Radas kajian untuk pemancaran gelombang mikro	26
4.3.1	Pemancar gelombang mikro	27
4.3.2	Penerima gelombang mikro	28
4.3.3	Goniometer	29
4.3.4	Kaedah memancarkan gelombang mikro ke atas sampel tanah	29
4.4	Radas kajian dan bahan untuk kaedah Pipet	31
4.4.1	Analisis mekanikal menggunakan kaedah pipet	31
4.5	Segitiga Tanah USDA	34
4.6	Nilai lebar penuh separuh maksimum (FWHM)	34
<b>Bab 5 : Keputusan Dan Perbincangan Bagi Kaedah Pemancaran Gelombang Mikro</b>		<b>35</b>
5.1	Keputusan dan perbincangan bagi Lapisan Tanah (t)	35
5.2	Keputusan dan perbincangan bagi Lapisan Tanah (2t)	46
5.3	Perbandingan bagi kes sampel tanah yang mempunyai bacaan gelombang yang sama dan penyelesaiannya	54
<b>Bab 6 : Keputusan Dan Perbincangan Bagi Kaedah Pipet, Carta Segitiga Tanah Dan Dapatan Kajian</b>		<b>57</b>
6.1	Penamaan Jenis Tanah Pada Sampel Tanah	57
6.2	Dapatan kajian	58
<b>Bab 8 : Kesimpulan dan cadangan</b>		<b>65</b>
<b>Rujukan</b>		<b>67</b>
<b>Lampiran A</b>		<b>75</b>

## SENARAI JADUAL

	Muka surat
3.1	Jenis-jenis gelombang elektromagnet dengan jarak gelombang. 9
3.2	Bentuk umum penerangan tekstur tanah berdasarkan kelas nama tekstur tanah 21
3.3	Ketumpatan berat dan ruang liang untuk tanah penanaman di kawasan bukan tanaman yang berdekatan 23
3.4	Nisbah relatif serapan kation yang hadir dalam sebahagian permukaan tanah di U.S 24
5.1	Sampel tanah dan analisis mekanikal tanah bagi bacaan gelombang pantulan maksimum yang sama (0.60 mA) 55
5.2	Sampel tanah dan analisis mekanikal tanah bagi bacaan gelombang pantulan maksimum yang sama (0.65 mA) 56
5.3	Perbezaan nilai FWHM bagi bacaan gelombang pantulan maksimum yang sama (0.65 mA) 56
6.1	Penamaan jenis tanah bagi lapisan tanah (t) 57
6.2	Penamaan jenis tanah bagi lapisan tanah (2t) 58
6.3	Jenis tanah, analisis mekanikal, bacaan gelombang pantulan maksimum dan FWHM bagi lapisan tanah (t). 59
6.4	Perbandingan antara sampel W dan sampel dalam Jadual 6.3 61
6.5	Perbandingan antara sampel X dan sampel dalam Jadual 6.3 61
6.6	Jenis tanah, analisis mekanikal tanah, bacaan gelombang pantulan maksimum dan FWHM bagi lapisan tanah (2t). 62
6.7	Perbandingan antara sampel Y dan sampel dalam Jadual 6.6 63
6.8	Perbandingan antara sampel Z dan sampel dalam Jadual 6.6 64

## SENARAI RAJAH

	Muka surat
3.1 Pantulan gelombang	17
3.2 Carta analisis tekstur tanah yang digunakan untuk mendapatkan jenis tanah	20
3.3 Mekanisme emanasi dan pengangkutan $^{222}\text{Rn}$ dalam tanah.	22
4.1 Alat Auger dan sampel-sampel tanah yang diambil dari kawasan Utara Semenanjung di Kedah dan Perlis	26
4.2 Pemancar gelombang mikro	27
4.3 Penerima gelombang mikro	28
4.4 Ganiometer	29
4.5 Pemancaran gelombang mikro pada sampel tanah	30
5.1 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel A	36
5.2 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel B	37
5.3 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel C	37
5.4 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel D	38
5.5 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel E	40
5.6 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel F	40
5.7 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel G	41
5.8 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel H	41
5.9 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel I	43
5.10 Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel J	44

5.11	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel K	44
5.12	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel L	45
5.13	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel M	46
5.14	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel N	48
5.15	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel O	49
5.16	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel P	49
5.17	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel Q	50
5.18	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel R	50
5.19	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel S	52
5.20	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel T	53
5.21	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel U	53
5.22	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel V	54
5.23	Bacaan purata gelombang pantulan (mA) melawan jarak (cm) untuk sampel H dan sampel J	55

# **PENGGELASAN DAN PENCIRIAN SAMPEL TANAH MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO**

## **ABSTRAK**

Fokus penyelidikan ini adalah untuk mencipta suatu kaedah pengelasan dan pencirian tanah dengan menggunakan gelombang mikro. Kaedah yang digunakan dalam penyelidikan ini terdapat dua bahagian, iaitu pemancaran gelombang mikro menggunakan pemancar Diod Gunn yang mempunyai resonan kaviti 10.525 GHz, dan kaedah pipet untuk mendapatkan analisis mekanikal tanah. Daripada kajian ini, terdapat 6 jenis daripada 12 jenis tanah yang telah dikaji iaitu tanah jenis pasir, lempung, lom, lom lempung berpasir, lom berlodak, lom lempung. Hasil daripada kajian ini dibahagikan kepada dua bahagian berdasarkan lapisan-lapisan tanah iaitu lapisan t dan lapisan 2t. Kajian ini menunjukkan, jenis tanah dapat diketahui dengan merujuk kepada nilai keamatan dan nilai FWHM berdasarkan kepada peratusan lempung dengan ketepatan sebanyak 80%. Dapatan daripada kajian ini juga menunjukkan bahawa gelombang mikro boleh dijadikan kaedah untuk mengkelas sampel tanah.

# **CLASSIFICATION AND CHARACTERISATION OF SOIL SAMPLES USING MICROWAVES**

## **ABSTRACT**

The focus of this research is to create a method for classification and characterisation of soils using microwaves. This research used two methods that are the transmission of microwave using Gunn Diode Transmitter with frequency of 10.525 GHz and the pipette method to get the soil mechanical analysis. There are six types of soil have been identified, that is sand, clay, loam, silty clay loam, silty loam and clay loam. The research is divided into two parts according to soil layers (t) and (2t). The results show that, the soil type can be identified using intensity and FWHM values based on the percentages of the clay with accuracy of 80%. The findings from this research also shows that the microwave method can be utilised to classify the soil samples.

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 Pengenalan**

Istilah tanah telah diberikan beberapa takrifan. Tanggapan terhadap tanah bergantung kepada bidang profesion atau disiplin seseorang. Jika dilihat daripada aspek kejuruteraan, tanah ditakrifkan sebagai sebarang endapan lembut atau yang longgar yang wujud secara semulajadi, yang menjadi sebahagian daripada kerak bumi, dan terhasil daripada luluhawa atau keruntuhan bentukan batu-batan atau daripada reputan tumbuh-tumbuhan (British Standard Institution, 1967).

Secara umumnya, tanah dirujuk kepada sesuatu permukaan yang longgar dan tidak rapat pada permukaan bumi dan bulan sebagai akibat daripada pemecahan batu-batu keras semasa proses luluhawa (Wild,A. 1993). Kebanyakan manusia apabila difikirkan tentang tanah, lebih dirujuk kepada bahan yang lembab yang memberikan sokongan dan bekalan kepada tumbuh-tumbuhan. Hal ini jika dinyatakan kepada bentuk yang lebih umum bukan sahaja termasuk keadaan tanah yang telah kita sedia maklum malah turut melibatkan batu-batuan, air, salji dan juga udara iaitu benda-benda yang mampu memberikan sokongan kepada pertumbuhan tumbuh-tumbuhan. Petani contohnya, sudah pasti mempunyai pemahaman yang praktikal terhadap konsep tanah yang juga menyatakan tanah sebagai medium untuk tumbuhan (Forth, 1951).

Sifat penting tanah sebagai bahan semulajadi adalah horizon atau lapisan yang menunjukkan kesan atmosfera ke atas bahan yang diluluhawakan. Sebagai contohnya lumut-lumut akan hidup pada permukaan batu yang gondol, tetapi jika pendedahan kepada udara begitu lama batu-batu itu akan diluluhawakan. Tumbuhan akan menjadi

lebih kompleks dan akhirnya dapat menolong membentuk horizon tanah. Ahli pedologi menamakan lapisan tanah sebagai horizon bagi membezakan lapisan itu daripada lapisan mendapan. Definisi tanah terbaik ialah hasil yang terakhir daripada tindakbalas beberapa faktor dan proses pembentukannya ke atas batuan di dalam sesuatu kawasan.

Gelombang mikro merupakan sebahagian daripada gelombang spektrum elektromagnet yang bergerak secara lurus dan berfrekuensi antara 300 MHz dan 300 GHz. Bagi kajian dan aktiviti perindustrian yang dijalankan, kebanyakannya melibatkan gelombang mikro berfrekuensi hanya pada 2.45 GHz and 915 MHz. Berdasarkan interaksi gelombang mikro dengan sesuatu bahan, ia bertindak sama ada secara terpantul, terpancar atau terserap. Bagi bahan yang bersifat logam, gelombang akan terpantul sepenuhnya manakala bagi bahan bukan logam seperti gelas dan plastik, sebahagiannya ditembusi oleh gelombang.

## **1.2 Objektif Kajian**

Kajian tentang pengkelasan dan pencirian sampel tanah dengan menggunakan gelombang mikro ini dijalankan dengan beberapa objektif, iaitu :

- a. Mengkaji pantulan gelombang mikro terhadap komposisi tanah.
- b. Mengkaji perkaitan antara kaedah biologi dan kaedah fizik dalam mengkelas tanah. Hal ini dilakukan untuk mengkaji persamaan dan perkaitan antara kedua-dua kaedah untuk mencari penyelesaian mudah mengkelas tanah.

### **1.3 Rangka Penulisan Tesis**

Tesis ini dibahagikan kepada beberapa bahagian yang penting iaitu bahagian pengenalan, teori, kaedah eksperimen, peralatan dan diikuti keputusan dan perbincangan serta kesimpulan dan cadangan untuk masa hadapan.

Bab 1 merupakan pengenalan am mengenai tanah dan gelombang mikro. Bab 2 pula membincangkan tentang kajian-kajian terdahulu yang dilakukan berkaitan dengan pengelasan tanah. Bab 3 seterusnya membincangkan tentang teori tanah dan gelombang mikro. Bab ini adalah penting untuk difahami teori-teori tersebut terlebih dahulu sebelum dan selepas kajian ini dilakukan. Bab 4 pula menerangkan tentang radas-radas kajian, bahan-bahan kimia dan peralatan-peralatan fizikal serta kaedah yang telah digunakan dalam kajian ini. Bab 5 membincangkan keputusan dan perbincangan hasil kajian bagi kaedah pemancaran gelombang mikro. Bab 6 pula berkaitan dengan keputusan dan perbincangan bagi kaedah pipet, carta segitiga tanah dan dapatan kajian. Akhir sekali bab 7 adalah kesimpulan bagi kajian dan cadangan untuk kajian ini. Bab ini diteruskan dengan rujukan dan diakhiri dengan bahagian lampiran.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN LITERATUR**

#### **1.1 Latar Belakang Kajian**

Pengkelasan tanah biasanya berdasarkan kepada profil sifat-sifatnya, dengan tanah-tanah tersebut terbentuk di bawah keadaan yang sama dan mempunyai ciri-ciri yang diletakkan dalam kelas biasa (Hausenbuiller, R.L. 1985). Pengkelasan dan taksonomi kini adalah mustahak dalam kebanyakan bidang disiplin termasuk bidang pedologi dan biologi (Hull, 1974; Mosterin, 2000; Hey, 2001; Ereshefsky, 2001). Terdapat banyak kaedah dan kajian berkenaan pengecaman dan pengkelasan tanah telah diguna dan dilakukan. Untuk analisis saiz zarah, kaedah hidrometer digunakan untuk mendapatkan kandungan pasir, lodak dan lempung tanpa memisahkan tanah tersebut. Selain itu, untuk menganggar dan mendapat tekstur tanah, biasanya dilakukan semasa memeriksa tanah di padang. Ahli saintis menggunakan kaedah padang untuk mendapatkan tekstur pelbagai lapisan pada tanah dan membezakan antara tanah yang berbeza pada landskap. Tanah di ambil dan dilembabkan untuk membentuk reben dan daripada bentuk reben itu ditentukan sifat tekstur tanah tersebut (Forth, 1987).

Dalam kajian terkini, kajian tentang tanah diperkembangkan kepada kajian yang lebih meluas. Pengkelasan pada sub tanah telah menggunakan kaedah kon pengujian penembusan iaitu pengukuran diambil daripada alat pengorek dan peralatan pengujian yang ditekan ke dalam bumi untuk mendapatkan maklumat sebelum dibuat pengkelasan (Bhattacharya & Solomatine, 2003; Coerts, 1996; Huijzer, 1992), . Antara masalah yang dihadapi dalam kaedah ini adalah, penggunaan algoritma untuk mengelompokkan data dan setiap bahagian dikelaskan oleh pakar utama. Teknik mengekstrak bahan logam dalam sampel geologi dan persekitaran dengan

menggunakan gelombang mikro adalah disebabkan operasinya yang mudah dan menjimatkan masa (Cid *et al.*, 2001). Selain itu, Miller *et al.* (1974) telah menyatakan kaedah untuk mengukur kelembapan pada tanah dengan menggunakan gelombang mikro (Hankin, L. and Sawhney, B.J 1977). Dalam aspek penggunaan yang lain, tenaga gelombang mikro juga merupakan bentuk yang sangat berguna sebagai tenaga bantuan yang telah digunakan secara meluas dalam analisis kimia (Jin *et al.*, 1999; Parkes and Barnes, 1999; Jayaraman *et al.*, 2001). Dalam pembasmian kuman dalam tanah pula, penggunaan gelombang mikro juga merupakan kaedah alternatif berbanding kaedah kimia (Diprose *et al.*, 1984; Mavrogianopoulos *et al.*, 2000).

Antara contoh lain penggunaan gelombang mikro adalah sistem penderiaan jauh. Sistem penderiaan jauh ini membekalkan keperluan ruang penghasilan maklumat pada permukaan tanah secara berkala. Kemungkinan untuk mengkaji kandungan kelembapan pada tanah daripada imej sistem penderiaan jauh telahpun dikaji secara intensif (Moran *et al.*, 2004). Antara jenis sistem penderiaan jauh yang telah dimajukan adalah (ERS-1/2, RADARSAT-1, ENVISAT-ASAR) yang mempunyai potensi terbaik untuk menganggarkan kelembapan tanah di padang (Moran *et al.*, 2004). Pengesan radar adalah alat gelombang mikro yang aktif dan memancarkan denyutan beradiasi ke arah sasaran (selalunya permukaan bumi) dan menerima gema, atau denyutan serakan balik yang kembali daripada sasaran. Prinsip asas radar ini berdasarkan anggaran kelembapan tanah pada hubungan yang wujud antara pekali serakan balik dalam unit dB, yang dimaksudkan sebagai nisbah kuasa denyutan balik dan denyutan pancaran serta sifat dielektrik pada tanah yang dikaji yang kemudiannya dikaitkan secara terus terhadap kandungan kelembapan pada tanah (Ulaby *et al.*, 1982).

Dalam penyelidikan tanah pada masa kini, pengelasan tanah telah dimajukan kepada pelbagai jenis kaedah untuk mendapatkan satu bacaan atau rujukan yang

tetap. Hal ini merujuk kepada kajian yang menunjukkan beberapa teknik dan kaedah analisis telah digunakan untuk mengelaskan sampel tanah yang berbeza taksonomi dan titik asalan geografinya. (Eswaran *et al.*, 2002). Selain itu, dalam kajian tanah ini, ciri-ciri pengbolehubah pada sifat tanah juga adalah penting untuk mencapai pemahaman yang lebih pada hubungan kompleks antara sifat tanah dan faktor persekitaran (Goovaerts, 1998). Dalam beberapa tahun lepas, profil kepekatan pada bahan kimia menghubungkan kaedah pengenalan paten juga telah digunakan secara meluas untuk mengelaskan tanah. (Zhu, 2000; Fide'ncio *et al.*, 2001; Ramadan *et al.*, 2001; Antonic' *et al.*, 2003; McBratney *et al.*, 2003; Slavkovic' *et al.*, 2004). Dalam kajian ini, teknik yang digunakan adalah rumit dan memerlukan penelitian yang tinggi di samping penggunaan bahan kimia yang agak berbahaya. Selain itu, teknologi lain yang telah dicipta untuk kajian tanah ini adalah antaranya seperti mengganggu sifat hidrolik tanah seperti contohnya penakungan air (Tyler and Wheatcraft, 1990, Pachepsky *et al.*, 1995, Kravchenko and Zhang, 1997 serta Huang and Zhang, 2005) dan aliran air dalam tanah basah (Rawls *et al.*, 1993, Giménez *et al.*, 1997 dan Timlin *et al.*, 1999) dan tanah kering (Toledo *et al.*, 1990, Rieu and Sposito, 1991 dan Xu, 2004) dengan dimensi pecahan taburan saiz zarah dan taburan saiz liang tanah. Walaupun begitu, segala teknik yang ditunjukkan juga sama seperti kajian sebelumnya iaitu penggunaan kos yang banyak di samping penggunaan tenaga dan masa yang lama untuk mendapatkan maklumat.

Terdapat banyak percubaan yang telah dibuat untuk mencirikan sifat fizikal tanah seperti contohnya, saiz zarah, saiz liang, dan taburan saiz pengumpulan dengan menggunakan dimensi pecahannya. Tyler and Wheatcraft (1989) serta Tyler and Wheatcraft (1992) telah berjaya menghubungkan taburan saiz zarah dengan keupayaan penakungan air tanah dengan menggunakan pecahan matematik. Bittelli *et al.*, (1999) pula telah berjaya mencirikan pecahan dimensi pada 14 jenis tanah di Switzerland dan 5 jenis tanah di Amerika Syarikat; mewakili keluasan

kepelbagaian bahan asal, keadaan cuaca, dan tekstur tanah menggunakan model jisim asas dari proses pemecahan, yang menggunakan hukum kuasa antara jisim dengan saiz zarah. Dapatan kajian ini menunjukkan penemuan terbaru yang sangat penting kerana dengan menggunakan matematik sahaja dapat menghubungkan dengan kajian tanah. Hal ini juga mendorong kepada terciptanya kajian ini untuk memvariasikan kaedah yang cepat dan mudah.

Dalam analisis taburan saiz tanah, satu perbandingan kritikal telah dilakukan antara kaedah klasik seperti kaedah pipet dan hidrometer dengan penggunaan laser. Daripada kajian ini, peratusan isipadu pecahan saiz zarah yang diperolehi daripada pembiasan laser adalah rendah berbanding daripada peratusan berat bagi pecahan lempung yang didapati daripada kaedah pipet. Bentuk yang sebaliknya didapati pula pada pecahan saiz selut (Eshel, G. *et al.*, 2004).

Selain itu, bahan radionukleid semulajadi kini telah digunakan dalam kerja – kerja untuk mengkaji perbezaan kawasan berdasarkan pada keadaan geologi dan keupayaan tanah yang mudah runtuh. Terdapat empat teknik biasa paten pengecaman iaitu analisis pembezaan linear (LDA), jiran terdekat-k (kNN), model bebas analogi kelas (SIMCA) dan ANN, telah digunakan untuk mengelaskan sampel tanah berdasarkan kandungan radionukleid menggunakan spektrometri sinar-gama (Coomans *et al.*, 1978; Massart *et al.*, 1998). Walaupun kaedah ini penting terhadap kajian tanah ini, namun penggunaan bahan radionukleid ini memerlukan kaedah keselamatan yang tinggi di samping penggunaan kos yang mahal.

Selain daripada itu, kaedah warna tanah telah lama digunakan untuk pengecaman tanah dan mendapatkan ciri kualitatif tanah (Webster and Butler, 1976). Hal ini disebabkan berbagai-bagai komponen tanah mempamerkan tindakan spektral dalam julat cahaya nampak dalam spektrum elektromagnet, iaitu jarak gelombang

antara 400 nm dan 700 nm. Warna tanah ini selalunya digunakan secara meluas menggunakan carta warna tanah Munsell (Munsell Color Company, 1975). Sifat-sifat seperti kandungan organik karbon dalam tanah, kandungan besi, kandungan air, dan teksturnya menunjukkan perkaitannya dengan warna tanah (Schulze *et al.*, 1993). Sebagai contoh, tanah berwarna gelap didapati mempunyai paras nitrogen yang tinggi, pengudaraan dan saliran yang baik dan menjamin risiko hakisan yang rendah. Secara amnya, warna cerah adalah sebaliknya (Barron and Torrent, 1986). Walau bagaimanapun, kaedah warna ini tidak dapat digunakan untuk mengetahui peratusan kandungan analisis mekanikal bagi sesuatu tanah.

Akhir sekali, bagi kaedah pengkelasan tanah yang dijalankan ini, kelebihan yang terdapat adalah dengan dapat mengetahui kelas tanah dengan cepat dan tidak menggunakan peralatan yang mahal dan bahan kimia yang berbahaya berbanding kaedah-kaedah lain.

## BAB 3

### TEORI GELOMBANG MIKRO DAN TANAH

#### 3.1 Gelombang Mikro

Semua bahan dan entiti yang wujud dikelaskan kepada dua kumpulan asas iaitu partikel yang bersifat diskret dan gelombang. Namun begitu, terdapat entiti yang menunjukkan sifat dualiti partikel dan gelombang contohnya foton. Seluruh gelombang merupakan rambatan yang bersifat elektromagnet. Sesuatu spektrum ditentukan bagi gelombang-gelombang tersebut mengikut panjang gelombang dan frekuensinya iaitu spektrum elektromagnet seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 3.1. Gelombang mikro adalah salah satu daripada spektrum yang membina spektrum ini serta mempunyai frekuensi radio gelombang yang tinggi. Gelombang lain yang terkandung dalam spektrum elektromagnet adalah gelombang radio, inframerah, cahaya nampak, ultraungu, sinar-x, dan sinar-gama.

Jadual 3.1: Jenis-Jenis Gelombang Elektromagnet Dengan Jarak Gelombang

Gelombang	Jarak Gelombang (cm)	Frekuensi (Hz)
Gelombang Mikro	100	$300 \times 10^6$
	1	$30 \times 10^9$
Cahaya Nampak	$7 \times 10^{-5}$	$4.3 \times 10^{14}$
	$4 \times 10^{-5}$	$7.5 \times 10^{14}$
UV	$4 \times 10^{-5}$	$7.5 \times 10^{14}$
	$5 \times 10^{-7}$	$6.0 \times 10^{16}$
Sinar-x	$5 \times 10^{-7}$	$6.0 \times 10^{16}$
	$6 \times 10^{-10}$	$5.0 \times 10^{19}$

Sumber: wikipedia-microwave processing.

Gelombang mikro ini bergerak pada garis lurus dan boleh terpantul, terpancar dan terserap oleh objek yang terletak dalam arah yang sama dengan gerakan gelombang mikro. Bahan logam memantulkan sepenuhnya gelombang mikro manakala bahan bukan logam seperti kaca dan plastik sebahagiannya ditembusi oleh gelombang mikro. Bahan yang mempunyai kelembapan seperti makanan menyerap

tenaga gelombang mikro dan menghasilkan haba. Kesemua gelombang elektromagnet spektrum ini melalui ruang vakum bersamaan dengan kelajuan cahaya,  $c$  (Halliday,D., Resnick, R., and Walker,J. 2001).

Gelombang elektromagnet juga dikelaskan mengikut keupayaan untuk mengujakan atom-atom sesuatu bahan yang berada pada arah yang sama dengan gerakan gelombang mikro ini. Semua gelombang sehinggalah gelombang cahaya yang terdapat dalam spektrum cahaya nampak adalah daripada jenis sinaran tidak mengion. Semua gelombang daripada sinaran ultraungu sehinggalah sinar-gama adalah daripada jenis sinaran mengion. Pengionan hanya berlaku sekiranya sinaran mempunyai tenaga yang mencukupi untuk mengujakan atom-atom dalam sesuatu bahan. Dedahan kepada tenaga yang rendah pada masa yang lama boleh menyebabkan kerosakan. Gelombang mengion seperti sinar ultraungu, sinar-x atau sinar-gama pada keadaan tenaga yang mencukupi boleh menghentam elektron terkeluar daripada petala atom dalam sesuatu bahan yang seterusnya dipanggil cas atau ion. Tenaga gelombang mikro mempunyai kelemahan dalam bahan berbanding dengan tenaga cahaya. Ia tidak boleh mengujakan molekul yang terdapat pada arah yang sama dengan pergerakannya. Ia menghasilkan haba dalam bahan dengan menggetarkan molekul bahan tersebut kerana, gelombang mikro adalah arus ulang-alik sama seperti voltan arus ulang-alik. Makanan mempunyai air di dalamnya dan air merupakan molekul berkutub. Air dikatakan menyerap gelombang mikro. Teflon contohnya, pula tidak mempunyai molekul berkutub, dan tidak boleh menyerap gelombang mikro. Ia boleh ditembusi oleh gelombang mikro. Gelombang mikro ini boleh menembusi teflon tanpa sebarang kehilangan tenaga walaupun teflon adalah legap pada mata dan gelombang cahaya.

RADAR merupakan antara ciptaan terawal yang mengaplikasikan sifat gelombang mikro untuk proses perpindahan maklumat. Ia beroperasi dengan kekuatan

dan tahap gema asal yang diterima daripada objek yang dihentam oleh gelombang mikro direkod. Teknologi RADAR telah berkembang dan pada masa kini ia dikenali sebagai Sistem Penderiaan Jauh (*Remote Sensing System*). Sistem ini digunakan secara meluas dengan pelbagai kegunaan seperti meramal cuaca dan mengkaji kedudukan geografi sesuatu tempat dari imej yang dihasilkan oleh satelit. Selain itu, gelombang mikro juga bersifat menembusi kabus, hujan kilat dan hujan salji, awan dan asap. Sifat ini menyebabkannya sesuai di gunakan dalam bidang komunikasi termasuk komunikasi tanpa wayar seperti penggunaan telefon selular, penyiaran, perkomputeran, telefon radio, satelit ERS-1 dan satelit JERS.

### 3.2 Persamaan Gelombang Mikro

Sifat-sifat spektrum gelombang mikro dihasilkan daripada persamaan asas gelombang elektromagnet, iaitu persamaan Maxwell yang digabungkan dengan persamaan-persamaan mekanik lain yang bersesuaian dalam memahami interaksi antara gelombang dan zarah.

#### 3.2.1 Persamaan Maxwell

Persamaan Maxwell adalah empat persamaan asas kepada keelektromagnetan iaitu ciri-ciri kepada medan elektrik dan medan magnet. Persamaan ini ditulis secara lengkap oleh seorang ahli Fizik, James Clark Maxwell. Persamaan Maxwell bagi medan elektrik dan medan magnet dalam gelombang mikro adalah:

$$\begin{aligned}
 \nabla \times \mathbf{E} &= -\partial \mathbf{B} / \partial t \\
 \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \partial \mathbf{D} / \partial t \\
 \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho \\
 \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

Daripada persamaan di atas,  $\mathbf{E}$ (V/m) dan  $\mathbf{H}$ (A/m) adalah masing-masing keamatan medan elektrik dan medan magnet, dan  $\mathbf{D}$ (C/m<sup>3</sup>) adalah ketumpatan fluks

elektrik manakala  $\mathbf{B}(T)$  adalah ketumpatan fluks magnet.  $\rho(C/m^3)$  adalah ketumpatan cas, dan  $\mathbf{J}(A/m^3)$  adalah ketumpatan arus konduksi. Persamaan di atas dikaitkan antara satu sama lain dan kemudiannya membentuk persamaan (Rojansky V., 1971):

$$\mathbf{D} = \epsilon\mathbf{E}, \mathbf{B} = \mu\mathbf{H} \text{ dan } \mathbf{J} = \omega\mathbf{E} \quad (3.2)$$

Dengan  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{B}$  selari dengan  $\mathbf{H}$ . hanya terdapat bahan-bahan tertentu seperti ferit dan feroelektrik yang dikatakan bahan tak isopropik, iaitu nilai  $\epsilon$  dan  $\mu$  bergantung kepada arah medan yang dikenakan terhadap bahan. Bagi bahan bukan magnetik, iaitu  $\mu = \mu_0$ . Untuk perubahan masa sinus  $\epsilon^{j\omega t}$ , dalam bahan isotropik tak seragam dan bukan magnetik, persamaan Maxwell (3.5) menjadi:

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{E} &= -j\omega\mu\mathbf{H} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + j\omega\epsilon\mathbf{E} \\ \epsilon \nabla \cdot \mathbf{E} &= \rho \\ \mu_0 \nabla \cdot \mathbf{H} &= 0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

dengan menggantikan  $\mathbf{J}$  dalam persamaan (3.2) dari persamaan (3.3), didapati,

$$\nabla \times \mathbf{H} = j\omega\epsilon ( 1 + \sigma / j\omega\epsilon ) \mathbf{E} \quad (3.4)$$

dan ketelusan efektif,  $\epsilon_{\text{eff}} = \epsilon ( 1 + \sigma / j\omega\epsilon ) = \epsilon_0 (\epsilon' - j\epsilon'')$

yang ditakrifkan dengan memberikan  $\nabla \times \mathbf{H} = j\omega\epsilon_{\text{eff}} \mathbf{E}$ , iaitu bersamaan dengan persamaan (3.6). Ketelusan efektif termasuklah nisbah  $\mathbf{D}/\mathbf{E}$  dan konduktiviti,  $\sigma$ . Kebanyakan bahan yang digunakan adalah bahan dielektrik yang baik dengan  $\sigma \approx 0$  dan  $\epsilon_{\text{eff}} \approx \epsilon$  atau bahan konduktor yang baik iaitu  $\sigma \rightarrow \infty$  dan  $\epsilon_{\text{eff}} \rightarrow (\sigma / j\omega\epsilon)$  walaupun pada frekuensi gelombang mikro.

### 3.3 Pancaran Dan Pantulan Gelombang Mikro

Apabila satu gelombang mikro dikenakan pada satu permukaan dielektrik dengan keluasan infiniti, setengah daripada gelombang tersebut akan dipantulkan dan setengah akan dipancarkan oleh bahan dielektrik tersebut. Setiap arah insiden akan mempunyai penyelesaian yang berbeza bagi gelombang yang terpantul dan terpancar dari bahan.

#### 3.3.1 Pancaran Dan Pantulan Gelombang Dari Medium Konduktor

Kekuatan medan elektrik dari gelombang diberikan oleh

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_x = \mathbf{E}_m j^{(\omega t - kz)} \quad (3.5)$$

Secara umumnya, medan elektrik di atas permukaan sempadan medium adalah

$$\mathbf{E}_x = \mathbf{E}_m j^{(\omega t - kz)} + f(\omega t - kz) \quad (3.6)$$

Dinyatakan  $f(\omega t - kz)$  adalah persamaan umum bagi gelombang. Disebabkan tiada medan yang wujud pada konduktor yang baik ( $z > 0$ ), dan komponen tangen medan elektrik adalah selanjur pada  $z = 0$ ,

$$\mathbf{E}_x(0) = 0 \quad (3.7)$$

dan diikuti dari persamaan (3.6) yang mana

$$f(\omega t) = -\mathbf{E}_m e^{j\omega t} \quad (3.8)$$

bagi semua keadaan  $f$ ,

$$f(\omega t - kz) = -\mathbf{E}_m e^{j(\omega t - kz)} \quad (3.9)$$

untuk memuaskan syarat sempadan dalam persamaan (3.6), jumlah kekuatan medan elektrik dalam ruang bebas dengan  $z < 0$  (udara)

$$\mathbf{E}_x = \mathbf{E}_m e^{j(\omega t - kz)} - \mathbf{E}_m e^{j(\omega t + kz)} = \mathbf{E}_m (e^{-jkz} + e^{+kz}) e^{j\omega t} \quad (3.10)$$

dengan menganggap  $\mathbf{E}_y = \mathbf{E}_z = 0$

### 3.3.2 Pancaran Dan Pantulan Gelombang Dari Medium Dielektrik; Insiden Secara Normal Terhadap Permukaan

Satu gelombang mendatar terkutub dikenakan ke atas medium dielektrik ( $y = 0$ ) dari ruang bebas. Sempadan permukaan adalah medium rata dengan  $z = 0$  dan arah insiden adalah normal pada arah paksi x.

$$\mathbf{E}_{x1} = \mathbf{E}_{m1} e^{j(\omega t - k_1 z)} \quad (3.11)$$

Sebahagian daripada gelombang itu akan dipantulkan secara normal dan sebahagian lagi akan dipancarkan oleh medium. Gelombang yang terpantul dan terpancar mempunyai bentuk yang sama seperti gelombang itu. Gelombang yang disimbolkan dengan 1 dan 2 adalah gelombang terpantul manakala gelombang yang disimbolkan dengan 3 adalah gelombang terpancar. Jumlah kekuatan medan dalam udara adalah

$$\mathbf{E}_{x1} = \mathbf{E}_{m1} e^{j(\omega t - k_1 z)} + \mathbf{E}_{m2} e^{j(\omega t - k_1 z)} \quad (3.12)$$

dan dalam medium elektrik

$$\mathbf{E}_{xd} = \mathbf{E}_{m3} e^{j(\omega t - k_3 z)} \quad (3.13)$$

Komponen tangen medan elektrik adalah selanjur pada permukaan sempadan  $z = 0$

$$(\mathbf{E}_{xt})_o = (\mathbf{E}_{xd})_o$$

Atau

$$\mathbf{E}_{m1} e^{j\omega t} + \mathbf{E}_{m2} e^{j\omega t} = \mathbf{E}_{m3} e^{j\omega t} \quad (3.14)$$

Atau

$$\mathbf{E}_{m1} + \mathbf{E}_{m2} = \mathbf{E}_{m3} \quad (3.15)$$

Medan magnet yang diperolehi dengan persamaan Maxwell adalah

$$\mathbf{H}_{y1} = \mathbf{H}_{m1} e^{j(\omega t - k_1 z)} + \mathbf{H}_{m2} e^{j(\omega t + k_1 z)} \quad (3.16)$$

$$\mathbf{H}_{yd} = \mathbf{H}_{m3} e^{j(\omega t - k_3 z)} \quad (3.17)$$

Gelombang ini menunjukkan tiga gelombang yang merambat secara berasingan dengan amplitud E dan H yang dihubungkan dengan impedans intrinsik medium dari persamaan

$$\mathbf{E}_{m1} = \eta_1 \mathbf{H}_{m1} \quad \mathbf{E}_{m2} = -\eta_2 \mathbf{H}_{m2} \quad \mathbf{E}_{m3} = \eta_3 \mathbf{H}_{m3} \quad (3.18)$$

Tanda negatif pada persamaan  $\mathbf{E}_{m2}$  menunjukkan  $\mathbf{E}_{x2}$  dan  $\mathbf{H}_{y2}$  adalah dalam arah yang berlawanan. Dengan menganggap tida cas bebas dalam medium dielektrik, tangen medan magnet adalah selanjur pada permukaan sempadan.

$$\mathbf{H}_{m1} + \mathbf{H}_{m2} = \mathbf{H}_{m3} \quad (3.19)$$

dengan menggabungkan persamaan (3.18) dan (3.19), didapati bahawa,

$$(\mathbf{E}_{m1} / \eta_1) - (\mathbf{E}_{m2} / \eta_2) = (\mathbf{E}_{m3} / \eta_3) \quad (3.20)$$

Nisbah amplitud gelombang insiden, terpantul dan terpancar diperolehi daripada persamaan

$$\begin{aligned}
 \mathbf{E}_{m2} &= (\eta_3 - \eta_1) / (\eta_3 + \eta_1) \cdot \mathbf{E}_{m1} \\
 \mathbf{E}_{m3} &= 2 \eta_3 / (\eta_3 + \eta_1) \cdot \mathbf{E}_{m1} \\
 \mathbf{H}_{m2} &= -(\eta_3 - \eta_1) / (\eta_3 + \eta_1) \cdot \mathbf{H}_{m1} \\
 \mathbf{H}_{m3} &= 2 \eta_1 / (\eta_3 + \eta_1) \cdot \mathbf{H}_{m1}
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

Nisbah amplitud gelombang terpantul kepada gelombang insiden dipanggil pemalar pantulan, dan didapati

$$\mathbf{E}_{m2} / \mathbf{E}_{m1} = (\eta_3 - \eta_1) / (\eta_3 + \eta_1)
 \tag{3.22}$$

### 3.4 Teori Pantulan Gelombang

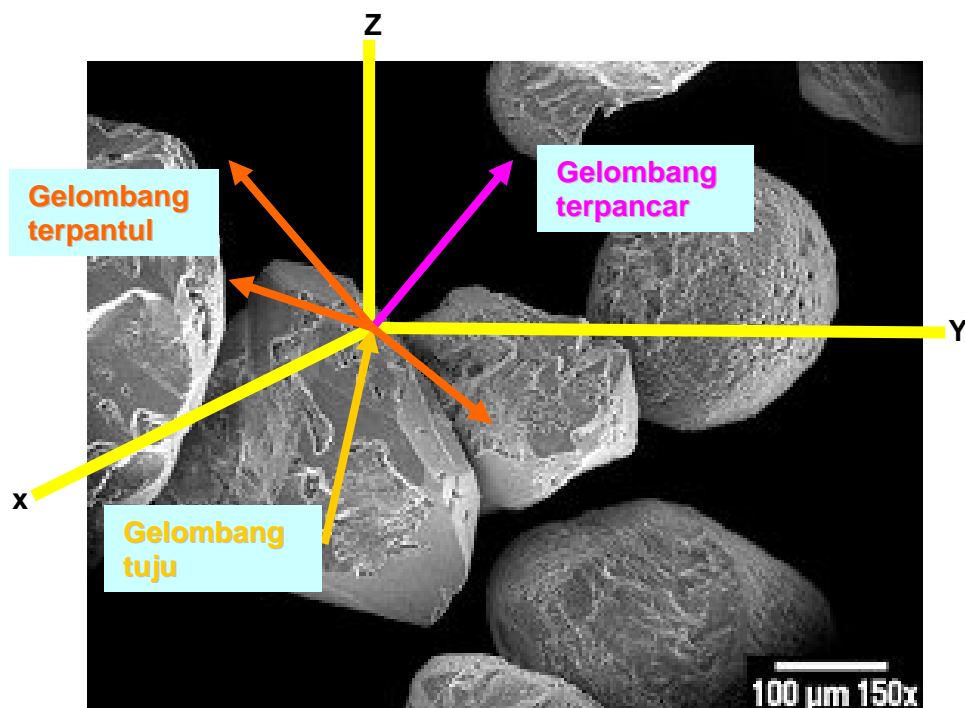
Secara teorinya, pantulan adalah berbeza bagi sampel atau objek yang berbeza, dan ianya juga berkait rapat dengan penyerapan dan penyerakan bagi sampel yang digunakan. Peratus pantulan adalah tinggi sekiranya penyerapan dan penyerakan belakang rendah dan sebaliknya.

Seterusnya, dengan merujuk pada Rajah 3.1, apabila suatu gelombang terhantar menuju pada suatu sempadan antara dua medium, sebahagian daripada tenaga gelombang tersebut akan berpindah ke medium bersebelahan sebagai gelombang terhantar dan sebahagian lagi akan terpantul ke belakang sebagai gelombang terpantul. Jika ketumpatan perbezaan adalah besar, ia berkemungkinan keseluruhan tenaga terpantul, dan sekiranya kecil ketumpatan perbezaannya, kebanyakan tenaga gelombang akan terhantar ke medium sebelah. Akan tetapi, gelombang terpantul akan terpesong ke sudut asal, sekiranya sampel yang dipancarkan itu adalah lebih tumpat.

Justeru itu, pantulan gelombang biasanya berlaku apabila frekuensi gelombang

yang dipancar tidak serupa dengan frekuensi asli bagi sesuatu sampel. Hal ini disebabkan apabila gelombang bertembung dengan setiap sampel, atom-atom dalam sampel tersebut akan mengalami getaran dan seterusnya getaran tersebut akan dipancarkan sebagai satu gelombang baru.

Selanjutnya, bagi sampel yang mempunyai permukaan legap, gelombang yang merempuh sampel ini akan mengakibatkan getaran elektron yang terhasil tidak berpindah ke atom-atom lain dalam bahan itu. Sebaliknya, elektron tersebut mempunyai kecenderungan untuk bergetar bagi suatu jangkamasa yang singkat dan tenaga yang terhasil akan dipancarkan sebagai gelombang terpantul.



Rajah 3.1 : Pantulan Gelombang

### **3.5 Komponen Tanah dan Fasa-fasanya**

Tanah adalah bahan semulajadi yang melitupi permukaan bumi. Ia adalah hasil daripada proses mekanikal, kimia dan biologi. Tanah ini dibahagikan kepada empat bahagian pecahan iaitu (Wild,A. 1993):

- i. Bahan mineral (50%)
- ii. Bahan organik (5%)
- iii. Air (25%)
- iv. Udara (0-40%)

Tanah adalah sangat kompleks dalam komposisinya. Sifat semulajadinya yang kompleks dan perubahan sifat semasanya adalah disebabkan daripada ketidaksamaan semasa proses tindakbalas antara komponen-komponen tanah. Di dalam segumpal tanah, terdapat semaksimum tiga fasa, iaitu pepejal, cecair dan udara. Dalam perkataan yang mudah, tanah terdiri daripada taburan pelbagai jenis pepejal yang di celah-celah pepejal itu wujud ruang-ruang kosong. Ruang-ruang kosong ini, yang disebut lompong, mungkin berisikan cecair atau tidak bercecair. Tanah akan dinamakan:

- i. Tepu jika lompong dipenuhi cecair.
- ii. Kering jika lompong dipenuhi udara.
- iii. Separa tepu jika lompong berisikan cecair dan udara.

#### **3.5.1 Fasa Pepejal**

Fasa pepejal pada tanah terdiri daripada unit yang diskrit, yang dikenali sebagai zarah tanah primer. Zarah-zarah tersebut mempunyai banyak saiz bentuk dan komposisinya. Penghasilan saiz zarah atau tekstur mineral tanah menghasilkan sifat fizik dan kimia tanah yang lebih meluas. Fasa pepejal ini mengandungi bahan mineral dan organik. Pecahan mineral terdiri daripada zarah yang berbagai bentuk, saiz dan komposisi kimianya. Mineral seperti quartz, feldspar dan silika membentuk bahagian

major pada zarah mineral. Ketumpatannya antara 2600 dan 2850 kg m<sup>-3</sup>. Mineral yang berat seperti magnetit, dan garnet juga wujud tetapi pada jumlah yang kecil.

### **3.5.2 Fasa Cecair**

Fasa cecair juga dikenali sebagai larutan tanah. Ia adalah larutan akues daripada pelbagai elektrolit. Ion-ion yang biasa dijumpai dalam larutan termasuklah Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sup>-3</sup> dan SO<sup>-4</sup>. Kebanyakan daripada ion-ion tersebut adalah makro tumbuhan dan mikro nutrien. Fasa cecair berbeza dari segi komposisi tanah, jumlah dan mobiliti dari ruang ke ruang. Air ialah komponen tanah yang amat penting kerana ia digunakan untuk percambahan, pengangkutan zat makanan tumbuhan, pengawalan suhu dan tumbesaran. Kandungan air dalam tanah mesti pada tahap yang optimum. Air tanah ini mengisi ruang tanah sama ada sepenuhnya atau separuh. Meskipun ketumpatan fasa cecair ini bergantung kepada komposisi elektrolit dalam larutan, perbezaan daripada 1000 kg m<sup>-3</sup> (ketumpatan air tulen pada suhu 40°C) diabaikan kecuali dalam kebanyakan kajian-kajian awal. Jadi, untuk mengelakkan kekeliruan, konsep air tulen digunakan untuk formula kimia H<sub>2</sub>O. Konsep fasa cecair, air tanah, air dan larutan akues digunakan sebagai proses penukaran antara larutan tanah.

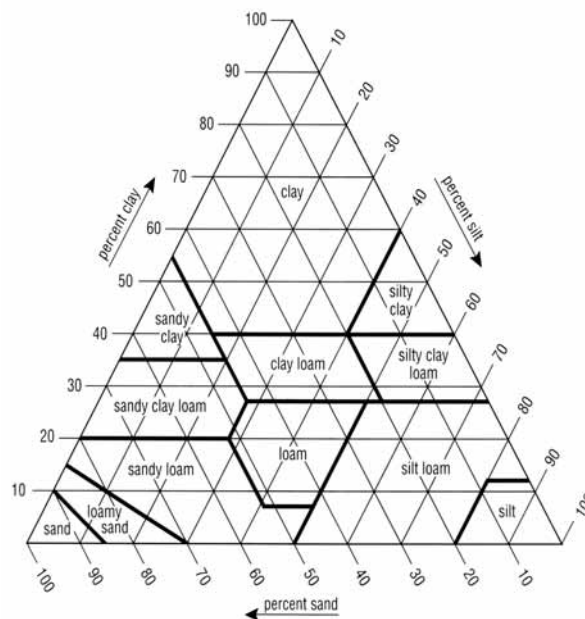
### **3.5.3 Fasa Gas**

Fasa gas ini juga dikenali sebagai udara dalam tanah. Ia dihasilkan dengan kandungan seperti N<sup>2</sup>, O<sup>2</sup>, wap air dan CO<sup>2</sup>, serta beberapa gas lain yang telah dikesan. Udara tanah bertindak sebagai ruang rongga tanah yang mengawal sebahagian besar daripada aktiviti tanah seperti saliran, pengudaraan, suhu dan pertumbuhan tanaman dan organisasi. Udara tanah ini terdapat dalam semua komposisi dengan keadaan prevailed. Kehadiran bahan organik, aktiviti akar tumbuhan dan mikroorganisma tanah, pengudaraan tanah dan reaksi kimia mempengaruhi pada komponen gas. Pengudaraan tanah adalah penukaran gas

antara tanah dan persekitaran. Malah dalam tanah yang mempunyai pengudaraan yang baik, fasa gas ini mengandungi kepekatan gas CO<sub>2</sub> yang tinggi dan mempunyai hubungan kelembapan udara yang tinggi daripada udara atmosfera. Ketumpatan udara dalam tanah adalah dari 1.0 kepada 1.5 kg m<sup>-3</sup>.

### 3.6 Jenis Tanah Dan Tekstur

Secara kasarnya, jenis tanah dapat dikenal pasti melalui saiz jujuk pepejalnya seperti di dalam Rajah 3.2. Rajah segitiga tanah tersebut terdiri daripada tiga bahagian sisi iaitu *percent clay* (peratusan lempung), *percent silt* (peratusan lodak), dan *percent sand* (peratusan pasir) dengan di dalamnya terkandung sebanyak 12 jenis tanah iaitu pasir, lodak, lempung, lom, pasir berlom, lom berpasir, lom lempung berpasir, lempung berpasir, lom berlodak, lom lempung berlodak, dan lempung berlodak.



Rajah 3.2 : Carta analisis tekstur tanah USDA yang digunakan untuk mengelaskan tanah berdasarkan peratusan tekstur tanah. (Singer M.J and Munns D.N, 1992)

Jadual 3.2 menunjukkan bentuk umum penerangan tekstur tanah berdasarkan kelas nama tekstur tanah. Di dalam jadual tersebut, tanah kelikir dan pasir dinamakan tanah berbutir kasar manakala tanah lempung dinamakan tanah bersifat lempung dan

lodak pula dinamakan tanah bersifat lom. Batu tongkol dan batu bundar lebih sesuai digolongkan di dalam kategori batu dan bukan tanah. Hal ini disebabkan saiz zarahnya lebih besar daripada saiz zarah kelikir. Tekstur tanah merujuk kepada komposisi pasir, lodak dan lempung yang bergabung dengan kelikir serta kandungan bahan yang bersaiz besar. Pasir dan lodak adalah hasil daripada kesan fizikal cuaca manakala lempung pula adalah hasil daripada kesan kimia akibat daripada cuaca. Kandungan lempung mempunyai kesan yang penting pada sifat tanah disebabkan oleh keupayaan penakungan yang tinggi terhadap nutrien dan air. Disebabkan keupayaan penakungan yang tinggi ini, tanah lempung menentang kesan hakisan air dan angin yang lebih baik daripada tanah berselut dan tanah berpasir. Lom terdiri daripada gabungan pasir, lodak dan lempung. Kandungannya adalah seimbang bagi ketiga-tiga analisis fizikal tersebut. Di samping itu, ia juga bersifat plastik apabila dilembapkan, dan boleh menakung air dengan senang, serta ia juga mempunyai aliran yang baik bagi kawasan tanah yang baik.

Jadual 3.2: Bentuk Umum Penerangan Tekstur Tanah berdasarkan Kelas Nama Tekstur Tanah.

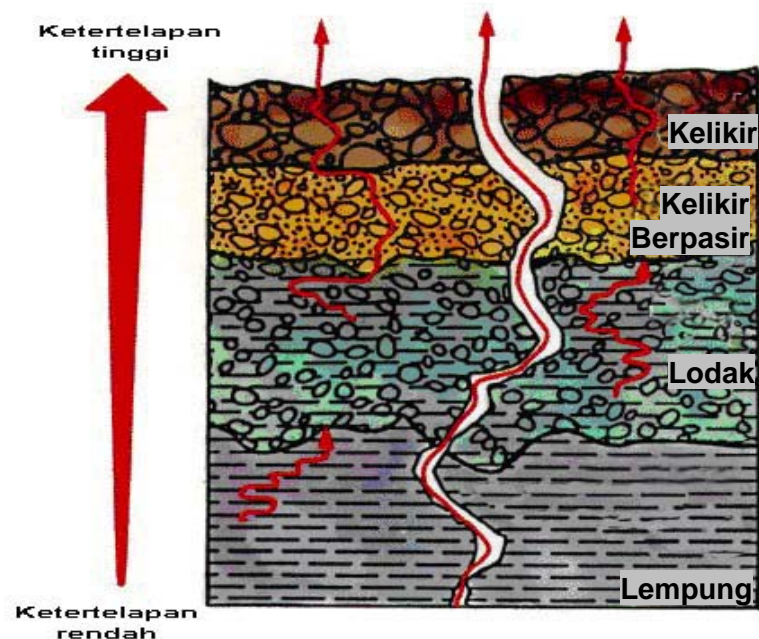
Sistem Pengkelasan Tanah Jabatan Pertanian Amerika Syarikat

Nama Umum		Kelas Nama Tekstur Asas Tanah
Nama Biasa	Tekstur	
Tanah Bersifat pasir	Kasar	Pasir Lom Berpasir
Tanah Bersifat lom	Sederhana Kasar	Lom Berpasir Lom Berpasir Halus
	Sederhana	Lom Berpasir Sangat Halus Lom Lom Berlodak Lodak
	Sederhana Halus	Lom Lempung Lom Lempung Berpasir Lom Lempung Berlodak
Tanah Bersifat lempung	Halus	Lempung Berpasir Lempung Berlodak Lempung

Sumber: (Nyele C Brady, 1974)

### 3.7 Keliangan

Ruang liang dalam tanah adalah ruang yang diisi dengan udara dan air. Jumlah ruang liang ini terhasil daripada susunan zarah-zarah pepejal. Jika dilihat dalam Rajah 3.3, paras keliangan dan keterlapan adalah rendah dalam sub tanah yang termampat atau zarah-zarah pepejal yang tersusun rapat dalam tanah. Sekiranya zarah-zarah tersebut tersusun secara longgar seperti yang terdapat dalam tekstur tanah sederhana yang tinggi dengan bahan organik, ruang liang per isipadu juga akan tinggi.



Rajah 3.3: Mekanisme emanasi dan pengangkutan  $^{222}\text{Rn}$  dalam tanah. (Sumber: *U.S. Geological Survey*, 2004).

Permukaan tanah berpasir menunjukkan keliangan dengan julat dari 35% ke 50%, manakala untuk medium tekstur tanah halus menunjukkan nilai dari 40% ke 60% atau lebih lagi sekiranya dalam kes mempunyai bahan organik yang tinggi dan ciri-ciri butiran yang tinggi. Justeru itu, keliangan juga berkadar dengan kedalaman. Sebagai contoh, terdapat sebahagian sub tanah termampat yang jatuh nilainya iaitu dari 25% ke 30%. Hal ini juga merupakan sebahagian daripada sistem pengudaraan tanah yang tidak cukup. Selain itu, cara penggunaan tanah mempengaruhi ruang liang

tanah seperti dalam Jadual 3.3 menunjukkan jenis tanah bukan tanaman lom Hagerstown mempunyai jumlah keliangan sebanyak 57.2% manakala tanah tanaman mempunyai hanya 50% sahaja. Data tambahan yang ditunjukkan juga menyatakan bahawa peratusan ruang liang tanah tanaman berkurangan daripada tanah terbiar dan tanah bukan tanaman. Pengurangan keliangan ini berlaku disebabkan pengurangan bahan organik dan ciri-ciri butiran tanah yang rendah. Saiz liang terbahagi kepada dua bahagian iaitu makro dan mikro. Liang makro mempunyai ciri-ciri yang membenarkan pergerakan udara dan penapisan air. Dalam liang mikro pula, pergerakan udara adalah terbatas dan aliran air yang sangat perlahan yang membolehkan ia menakung air dengan baik (Brady, N.C. 1974).

Jadual 3.3: Ketumpatan berat dan ruang liang untuk tanah penanaman di kawasan bukan tanaman yang berdekatan

Jenis Tanah	Ketumpatan Berat			Peratusan Ruang Liang	
	Tahun Tanaman	Tanah Tanaman	Tanah Bukan Tanaman	Tanah Tanaman	Tanah Bukan Tanaman
Hagerstown loam (Pa.)	58	1.25	1.07	50.0	57.2
Marshall Silt Loam (Iowa)	50+	1.13	0.93	56.2	62.7
Nappanese Silt Loam (Ohio)	40	1.31	1.05	50.5	60.3
Av. 19 Tanah Georgia	45-150	1.45	1.14	45.1	57.1

(Sumber: Lyon *et al*, 1952. The Nature and Properties of Soils. New York: Macmillan, Inc.)

### 3.8 Penyerapan Kation dan Keupayaan penukaran kation

Kawasan koloid yang lembap, susunan kation adalah  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  dan  $Na^+$ . Untuk salur yang baik, kawasan kering dan separa kering, susunan keupayaan penukaran kation selalunya  $Ca^{2+}$ , dan  $Mg^{2+}$  untuk bahagian pertama,  $Na^+$  dan  $K^+$  bahagian kedua serta  $H^+$  bahagian terakhir. Jadual 3.4 menunjukkan nisbah relatif serapan kation yang hadir dalam sebahagian permukaan tanah beberapa kawasan di Amerika Syarikat. Di dalam Jadual 3.3 juga terdapat 4 jenis kation iaitu  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$

dan  $\text{Na}^+$ . Keupayaan penukaran kation atau (CEC) merujuk kepada kuantiti cas negatif yang wujud atas permukaan lempung dan bahan organik. Cas negatif yang menarik cas ion, atau kation dipanggil sebagai keupayaan penukaran kation. Banyak nutrien tumbuhan penting yang wujud dalam tanah dipanggil sebagai kation dan dikumpulkan oleh tumbuhan rumput. Sebagai contoh, kalium ( $\text{K}^+$ ), kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), dan ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Natrium ( $\text{Na}^+$ ), Hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dan aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) adalah kation lain yang banyak sebagai (CEC) dalam tanah. Ion-ion ini bertanggungjawab terhadap kesan berbahaya pada lapisan atas rumput yang berlaku pada tanah berasid (Brady, N.C. 1974).

Jadual 3.4: Nisbah relatif serapan kation yang hadir dalam sebahagian permukaan tanah di U.S

Tanah	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$
Penn Loam (N.J)	60.8	15.8	19.0	4.4
Mardin loam berselut (N.Y)	90.7	5.0	3.1	1.2
Siri tanah Wesbter (Iowa)	76.8	20.4	1.2	1.6
Sweeney Loam liat (Calif.)	76.1	21.3	1.3	1.3
Tanah lembah Red river (Minn.)	73.9	21.5	4.2	0.4
Keith Loam berselut (Nebr.)	77.1	13.3	7.1	2.5
Holdrege Loam berselut (Nebr.)	66.5	20.9	11.1	1.5

(Sumber: Lyon *et.al.*, 1952. The Nature and Properties of Soils. New York: Macmillan Inc.)