

BAB IV. HASIL DAN DISKUSI

IV.1. Preparasi Sampel dan Kelembaban Terdefinisi

Seperti direncanakan pada penelitian ini maka data yang diperlukan merupakan impedansi dari tanah dalam bentuk real 'Z' (G) dan bagian imajiner "Z" (B) sebagai fungsi dari frekuensi f dan jenis tanah b . Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi faktor pengaruh jenis tanah b pada pengukuran dengan mempergunakan jaringan saraf tiruan (neural network). Hal ini bertujuan agar sensor kelembaban tanah yang dikembangkan dapat dipergunakan pada berbagai tipe tanah. Oleh karena peralatan yang dipergunakan pada penelitian ini yaitu Impedance Analyser untuk mengukur impedansi tidak terdapat di FMIPA Universitas Riau maka sebelum dilakukan karakterisasi, telah dilakukan persiapan sampel tanah di Pekanbaru untuk dibawa ke Malaysia.

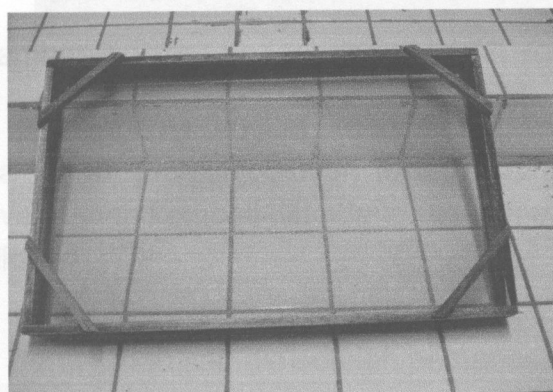
Tanah sampel untuk dikarakterisasi telah disiapkan dari beberapa tipe tanah yaitu Inseptisol, Entisol, Andisol, Ultisol dan Clay (lempung). Penelitian ini mengambil sampel yang berbeda untuk meningkatkan akurasi sensor kelembaban dan untuk melihat sejauh mana pengaruh dari tipe tanah terhadap kemampuan sensor dalam mendeteksi kelembaban.

1. Tanah jenis Inseptisol atau tanah yang berkembang, diambil dari kebun percobaan UPT Fakultas Pertanian Universitas Riau. Di lokasi ini tanah jenis Inseptisol dipergunakan juga sebagai tanah untuk pembibitan kelapa sawit dan juga sebagai lahan perkebunan sayur kualitas ekspor ke Singapura di bawah pengawasan dari Fakultas Pertanian Universitas Riau. Di samping itu tanah Inseptisol juga terdapat di beberapa tempat dan dipergunakan umumnya sebagai tempat dan lahan pertanian sayuran pangan.
2. Tanah jenis Entisol, diambil di daerah Teratak Buluh di sepanjang aliran sungai Kampar Kab. Kampar, Riau. Tanah ini merupakan tanah yang paling banyak ke dua setelah inseptisol dan mempunyai sifat tanah ini yaitu butiran tanahnya (grain size) lebih kasar dan bersifat bermineral dan umumnya banyak terdapat di daerah Riau yang kaya mineral. Jenis tanah ini relative tidak cocok untuk lahan pertanian. Namun demikian, kebanyakan petani dengan tingkat pengetahuan yang kurang tentang tanah kurang memperhatikan faktor ini sehingga berimplikasi kepada optimalisasi hasil pertanian.
3. Tanah jenis Andisol, diambil dari lokasi daerah pertanian Alahan Panjang, Kab. Solok Sumatera Barat. Tanah berasal dari abu vulkanik Gunung Talang dan umumnya terdapat di daerah barat Sumatera. Jenis ini sangat baik sebagai tanah untuk lahan pertanian.

4. Tanah Ultisol, diambil dari daerah Kulim Pekanbaru dan berwarna merah, terletak pada lapisan atas dari tanah liat.
5. Tanah Lempung diambil di daerah Kulim Pekanbaru. Adapun pemilihan sampel lempung sebagai bahan uji disebabkan oleh sifatnya yang relatif homogen dibandingkan tanah lainnya sehingga faktor mineral yang akan berpengaruh terhadap pengukuran akan dapat lebih diminimalisir.

Berdasarkan literatur diperoleh informasi bahwa tingkat keasaman tanah Ultisol, Entisol dan Andisol berkisar antara 4-5 skala pH.

Tanah sample yang telah di ambil dari masing lokasi kemudian dibersihkan dari sisa-sisa tanaman, mahluk hidup dan kotoran yang terbawa pada saat pengambilan. Kemudian masing-masing tanah dibersihkan dan disaring mempergunakan ayakan (saringan) yang terdiri atas dua bagian yaitu saringan tanah berukuran panjang 50 cm dan lebar 30 cm dengan diberi kawat parabola berukuran lubang rata-rata 2mm. Tanah yang telah bersih dari ayakan/saringan pertama kemudian di saring mempergunakan saringan ke dua yang standar dengan tingkat grain tertentu. Pada penelitian ini dipergunakan Fison Scientific Sieve berukuran 1-3 Mesh, lihat gambar 8 berikut.



(a)



(b)

Gambar 8. (a). Saringan yang dipergunakan untuk mengayak tanah sampel dengan kawat 2mm dan (b) berukuran 1-3 mesh

Setelah dilakukan penyaringan/penayakan maka tanah siap dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam [DIN 18125 T1]. Oven yang digunakan adalah dari perusahaan Heraeus Instrumen dengan kemampuan suhu pengeringan maksimal 300°C. Untuk mempercepat pengeringan tanah sample maka tanah ditempatkan dalam wadah pelat alumunium yang bersifat sebagai pengantar yang baik di dalam oven dan disusun berlapis-lapis seperti diperlihatkan pada gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Proses pengeringan tanah sample di dalam oven

Sebagai pembandingan tingkat kelembaban tanah awal sebelum diberi perlakuan maka tanah sebelum dioven terlebih dahulu ditimbang berat tanah dan setelah dioven tanah kembali ditimbang untuk mengetahui berat tanah setelah dioven.

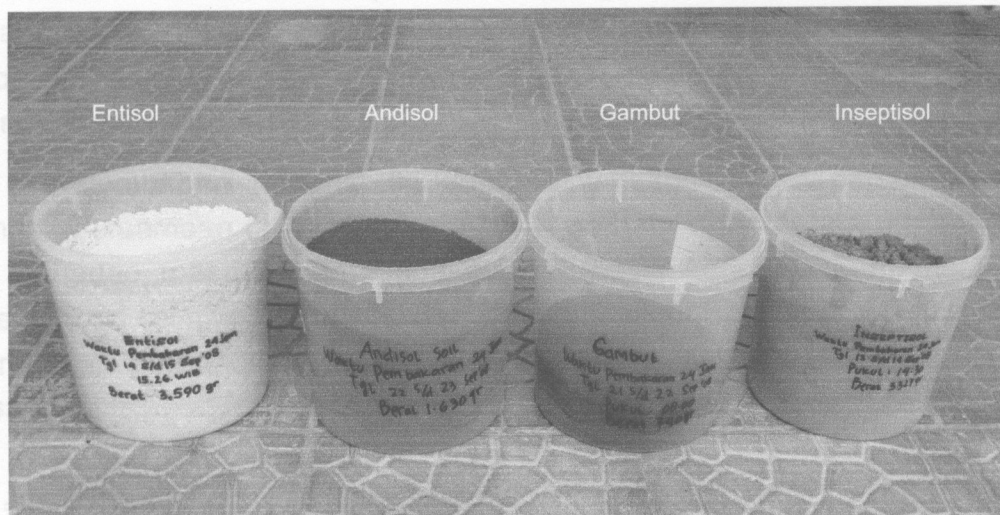
Tabel 1. Berat tanah sample setelah pemanasan 105°C dan 24 jam

No	Jenis Tanah	Berat (Gr)		Kelembaban (%)
		Berat Awal	Berat Kering	
1.	Inseptisol	4.000	3.340	16,50
2.	Entisol	4.000	3.590	10,25
3.	Andisol	4.000	2.220	44,50
4.	Ultisol	4.000	3.350	16,25
5.	Gambut	2.000	740	63,10

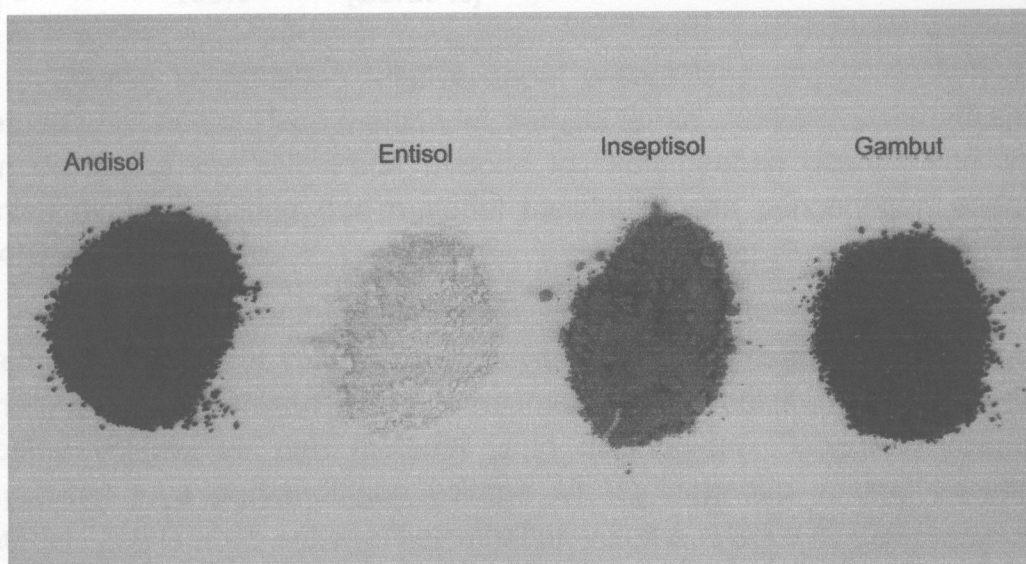
Data yang diperoleh dari masing-masing lokasi tanah merupakan tingkat kelembaban tanah pada saat sample diambil dan tidak menggambarkan kelembaban pada setiap saat. Faktor kelembaban banyak dipengaruhi oleh factor tanah sendiri seperti ukuran butiran tanah (grain size), kerapatan tanah, penyebaran besar tanah, ketergantungan volume material berporosi ini. Makin

halus ukuran butiran tanah maka makin besar permukaan spesifik tanah sehingga akan makin besar kemampuan tanah untuk menyimpan air.

Hasil pengeringan tanah setelah di keringkan siap untuk diberi air untuk memperoleh tingkat kelembaban terdefinisi. Sebelum tanah diberi perlakuan tersebut dan diukur impedansinya maka tanah disimpan dalam wadah tertutup untuk menjaga tingkat kekeringan tanah dan kontaminasi dengan udara luar yang akan menambah kebasahan tanah serta disimpan pada tempat terlindung dari cahaya matahari untuk menghindari kondensasi udara pada wadah, gambar 10 dan 11.



Gambar 10 Hasil preparasi sampel tanah dan siap untuk diberi kelembaban terdefinisi



Gambar 11 Sampel yang telah dibersihkan dan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam 105°C , dari kiri ke kanan andisol, entisol, inseptisol dan tanah gambut

Seperti diperlihatkan pada hasil tahun pertama diperoleh bahwa tanah gambut merupakan tanah dengan tingkat keasaman dan kelembaban tertentu dan bersifat irreversible, dalam artian tidak memiliki sifat penahan air seperti pada tanah lainnya. Oleh sebab itu pada penelitian ini hanya dipergunakan jenis tanah Andisol, Ultisol, Entisol, Inseptisol dan tanah lempung (clay) sebagai bahan uji. Tanah sampel ini dianggap memiliki kekeringan mutlak setelah dipanaskan dengan oven dan siap untuk dibasahi dengan kelembaban terdefinisi.

Nilai kelembaban yang akan diukur ini harus dibedakan antara kelembaban udara relative (relative humidity) ϕ , jumlah air yang terlarut di dalam udara terhadap kelembaban udara jenuh, dan kelembaban material (moisture) θ . Istilah terakhir diberikan pada suatu material atau tanah yang mengandung air.

Kelembaban material θ_M dapat dinyatakan dalam persentase sesuai dengan persamaan (15) yang merupakan perbandingan antara masa bahan air m_w terhadap masa bahan tanpa air m_{tr} (basis kering). Sementara bagian kelembaban relative θ_M (basis basah) diperlihatkan pada persamaan (16) yang merupakan perbandingan masa air terhadap masa keseluruhan benda yang basah.

$$\theta_M = \frac{m_w}{m_{tr}} \cdot 100\% \quad [\text{Berat-}\%] \quad (15)$$

$$\theta_M = \frac{m_w}{m_w + m_{tr}} \cdot 100\% \quad [\text{Berat-}\%] \quad (16)$$

Bagian kelembaban relative dapat secara langsung ditentukan dengan metode gravimetric. Pada metode ini, sampel tanah akan ditimbang, dikeringkan dan ditimbang kembali. Pada metode ini, kelembaban didefinisikan sebagai jumlah air yang hilang dari material melalui proses pengeringan pada suhu 104°C selama 24 jam.

Pada pengukuran kelembaban tanah dipergunakan juga nilai ukur kelembaban menurut volume khususnya jumlah kelembaban volume θ_v (basis kering) yang dinyatakan dalam persamaan (17) berikut dengan V_w dan V_{tr} sebagai volume air dan material yang dikeringkan. Sebagai perbandingan dinyatakan juga perbandingan volume air V_w terhadap volume keseluruhan material yang lembab sebagai kelembaban volume relative θ_v dalam persamaan (18) berikut.

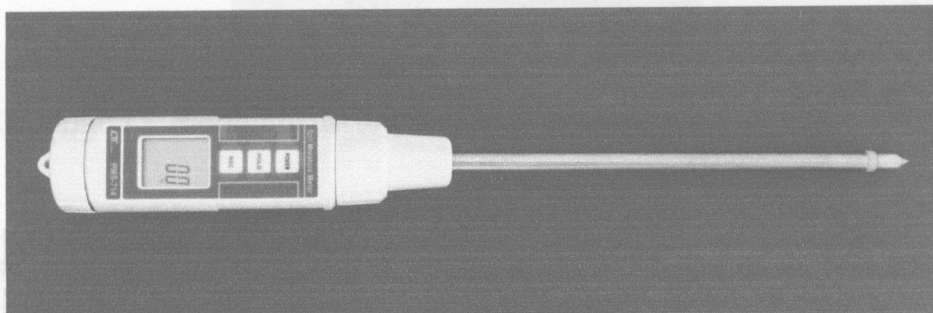
$$\theta_v = \frac{V_w}{V_{tr}} \cdot 100\% \quad [\text{Vol-}\%] \quad (17)$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_w + V_{tr}} \cdot 100\% \quad [\text{Vol-\%}] \quad (18)$$

Pengubahan antara nilai kelembaban berbasis masa dan volume dilakukan dengan mempertimbangkan kerapatan masa antara benda basah dan kering.

Pembentukan tingkat kelembaban terdefinisi pada penelitian ini dilakukan dengan mengukur masa tanah sesuai persamaan (15)-(19) serta membasahinya dengan aquades dalam jumlah masa tertentu. Pemberian dilakukan dengan cara membasahi mempergunakan spray secara perlahan-lahan agar molekul air dapat secara pelan penetrasi ke dalam tanah. Setelah selesai diberikan aquades maka wadah masing-masing sampel ditutup dengan alumunium foil dan dibiarkan selama 24 jam agar air mencapai kesetimbangan di dalam tanah.

Sementara untuk tanah lempung, liat (clay), pemberian tingkat kelembaban dilakukan dengan merendam tanah liat dengan air selama 24 jam, dimana masa tanah liat sebelum direndam dan setelah direndam ditimbang untuk mengetahui jumlah air yang dapat diserapnya (saturasi). Seperti pada sampel tanah lainnya, sampel tanah liat diukur kelembabannya mempergunakan kalibrator Soil Moisture Tester dari LUTRON PMS714 seperti diperlihatkan pada gambar 12 berikut. Data pengukuran menjadi data referensi untuk setiap pengukuran sampel tanah mempergunakan impedance analyser Solatron 1260.



Gambar 12 Kalibrator Soil Tester dari Lutron untuk mengukur tingkat kelembaban terdefinisi

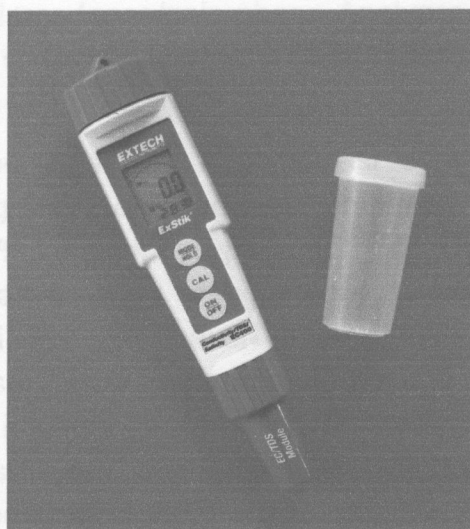
Adapun kelembaban yang diinginkan pada pengukuran ini adalah berkisar dari 10% sampai dengan tingkat kelembaban 45%.

IV.2. Pengujian Salinitas Tanah

Sifat kimia tanah seperti tingkat keasaman (pH), kadar salinitas, konduktivitas dan lainnya akan berpengaruh terhadap pengukuran impedansi. Oleh sebab itu pada penelitian ini untuk tahap kedua telah dilakukan uji sifat kimia dari tanah untuk mengetahui tingkat salinitas dan konduktivitas tanah.

Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel tanah sebanyak 350gram untuk masing-masing tanah yang akan diuji serta membasahinya

dibersihkan dan dikeringkan dengan oven selama 24 jam dengan suhu 104°C dengan aquades secara perlahan sampai mencapai tingkat kejenuhan air (saturasi). Kemudian campuran air dan tanah dibiarkan selama 24 jam untuk mengecek criteria saturasi. Jika tanah belum mencapai saturasi maka aquades perlu ditambahkan. Setelah pengendapan selama 24 jam, maka air dari tanah dikeluarkan dengan menyaringnya mempergunakan kertas filter Whatman no. 42. Dengan mempergunakan vakum kemudian air dikumpulkan dalam satu gelas beker. Air yang diperoleh dari proses saturasi ini kemudian diukur mempergunakan konduktivimeter, lihat gambar 13. Adapun hasil pengukuran diberikan pada tabel 2.



Gambar 13. Menentukan tingkat konduktivitas dan salinitas tanah sampel

Tabel 2 Parameter kimia masing-masing sampel tanah

Parameter	Ultisol	Inseptisol	Entisol	Andisol
Konduktivitas	70,5	33,5	36,2	2,45
TDS (ppm)	27,7	12,3	14,5	0,97
TDS (mg/ml)	27,8	13,1	14,5	0,97
Salinitas (ppm)	34,8	16,9	18	1,22

Tabel ini memperlihatkan bahwa konduktivitas tanah Ultisol jauh lebih besar jika dibandingkan dengan tanah lainnya seperti Andisol yang sangat cocok untuk lahan pertanian. Hal ini akan menjadi perhatian untuk menguji lebih jauh apakah perubahan nilai salinitas dan konduktivitas memberikan pengaruh yang besar terhadap pengukuran impedansi. Disatu sisi, tanah yang dikarakterisasi mempergunakan Impedansi Analiser 1260 untuk memperoleh kurva impedansinya adalah tanah dengan tingkat kekeringan mutlak yaitu setelah

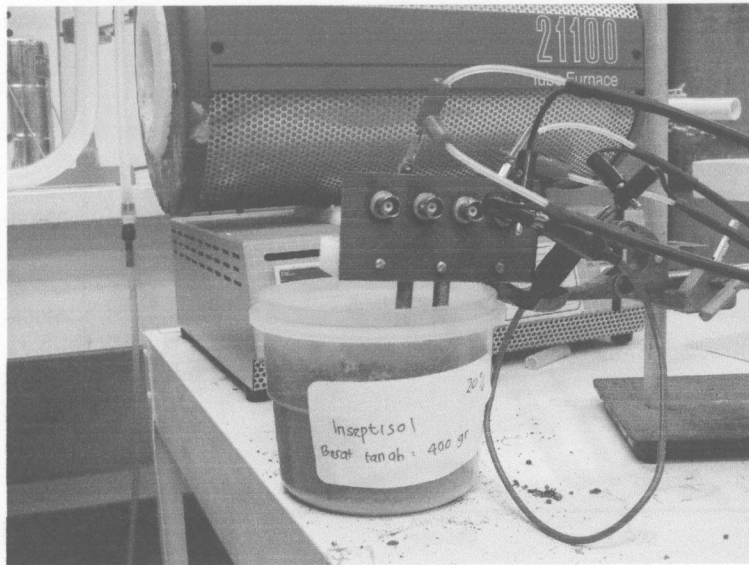
dibersihkan dan dikeringkan dengan oven selama 24jam dengan suhu 104°C . Pengeringan dengan paksa ini akan memaksa air yang berada di dalam pori-pori tanah keluar dan dengan demikian garam-garam yang mempengaruhi sifat salinitas tanah dan terlarut di dalam air akan menjadi berkurang. Oleh sebab itu akan diuji lebih lanjut perbedaan tingkat salinitas tanah yang masih segar dengan tanah yang telah dikeringkan pada tingkat kelembaban yang sama.

IV.3. Pengukuran Impedansi dan Pemodelan Rangkaian Ekuivalent

Pengukuran dan karakterisasi sensor dilakukan di Lab. Bahan Termaju, FST Universitas Kebangsaan Malaysia (UKM) Bangi, Kuala Lumpur mempergunakan alat Impedance/gain-phase Analyzer tipe 1260 dari Solartron Analytical. Frekuensi sweep $0,1\text{Hz} - 10\text{MHz}$ dengan tegangan ac sebesar 10mV .

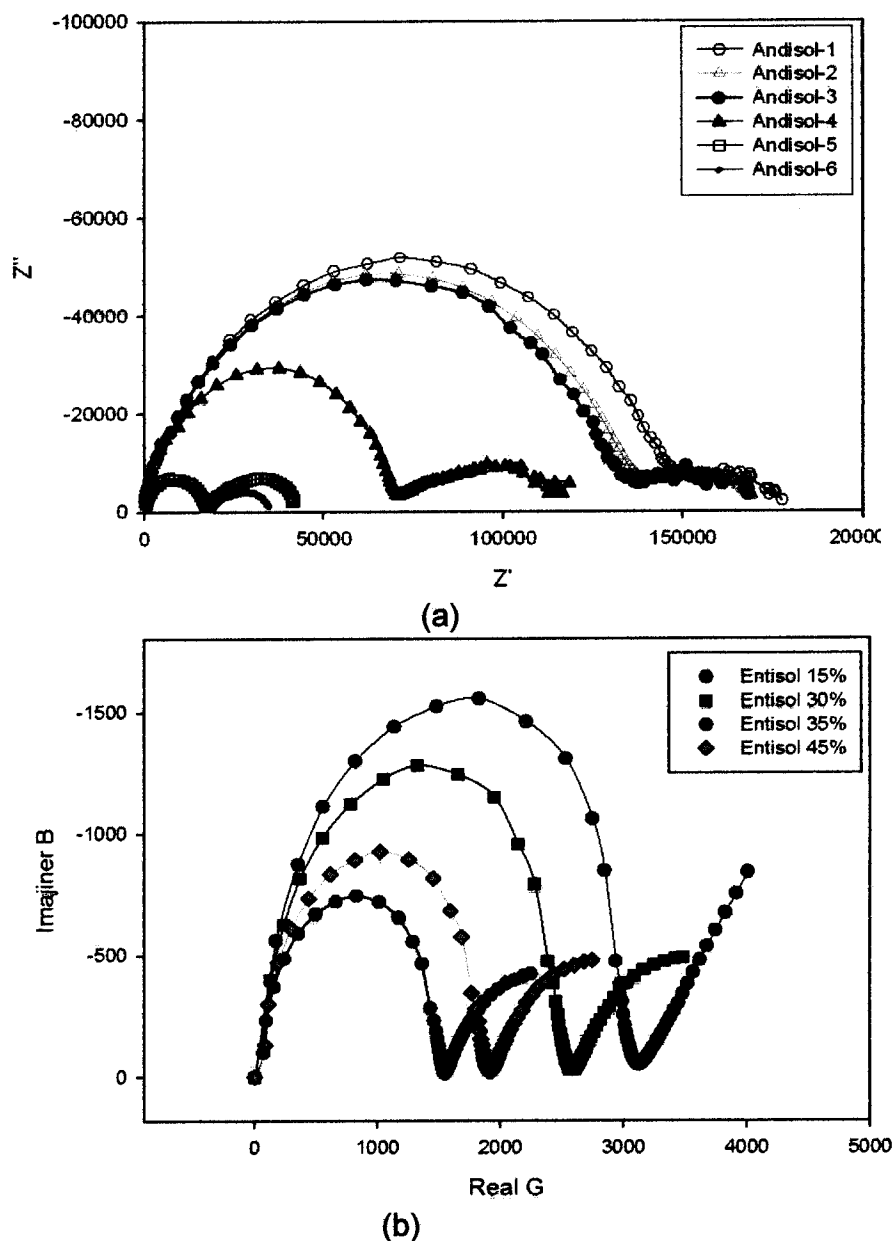
Pada bagian pertama dari karakterisasi dilakukan persiapan sample tanah dengan membagi menjadi 6 tingkat kelembaban berbeda, masing-masing 10, 20, 30, 40, 45, 50% kelembaban pada 100 gram masa tanah. Masa tanah dan masa air kemudian timbang menggunakan timbangan sebelum dilakukan pengukuran impedansi mempergunakan sensor elektroda ganda. Penggunaan alat Impedance Analyser dimaksudkan untuk menscanning frekuensi kerja dari sonde sensor serta impedansi dari masing-masing tanah dengan tingkat kelembaban terdefinisi yang berbeda. Sebagai kalibrator untuk menguji kelembaban tanah dipergunakan Soil Moisture Meter dari perusahaan Lutron tipe PMS714 yang mempunyai kemampuan untuk mengukur kelembaban tanah dari 0-50% dengan toleransi resolusi 0,1%.

Dari hasil pengukuran mempergunakan alat IA dari perusahaan Solatron ini akan diperoleh kurva Impedansi sensor dalam bentuk kurva ruang kompleks dan bode plot dari sample tanah yang bersesuaian. Untuk menganalisa besarnya impedansi berupa bilangan real G dan bilangan imajiner dari impedansi kompleks sample tanah, dipergunakan software ZView2. Set up percobaan diperlihatkan mulai dari gambar 14.



Gambar 14. Set-up percobaan dengan variasi kelembaban tanah

Hasil pengukuran dari sensor kelembaban diberikan dalam file impedansi dan dapat diolah mempergunakan software ZView2. Seperti yang dijelaskan pada bab 2 mengenai teori tentang kurva bode dari impedansi, masing-masing data pengukuran memiliki dua bagian yaitu bagian real 'Z' (G) dan bagian imajiner "Z" (B) sebagai fungsi dari frekuensi eksitasi dari Solatron 1260. Dengan demikian dari hasil pengukuran ini dapat diketahui frekuensi eigen yang merupakan frekuensi kerja dari sensor. Hasil pengukuran untuk jenis tanah tipe Andisol dan Entisol diperlihatkan pada gambar 15 berikut ini.

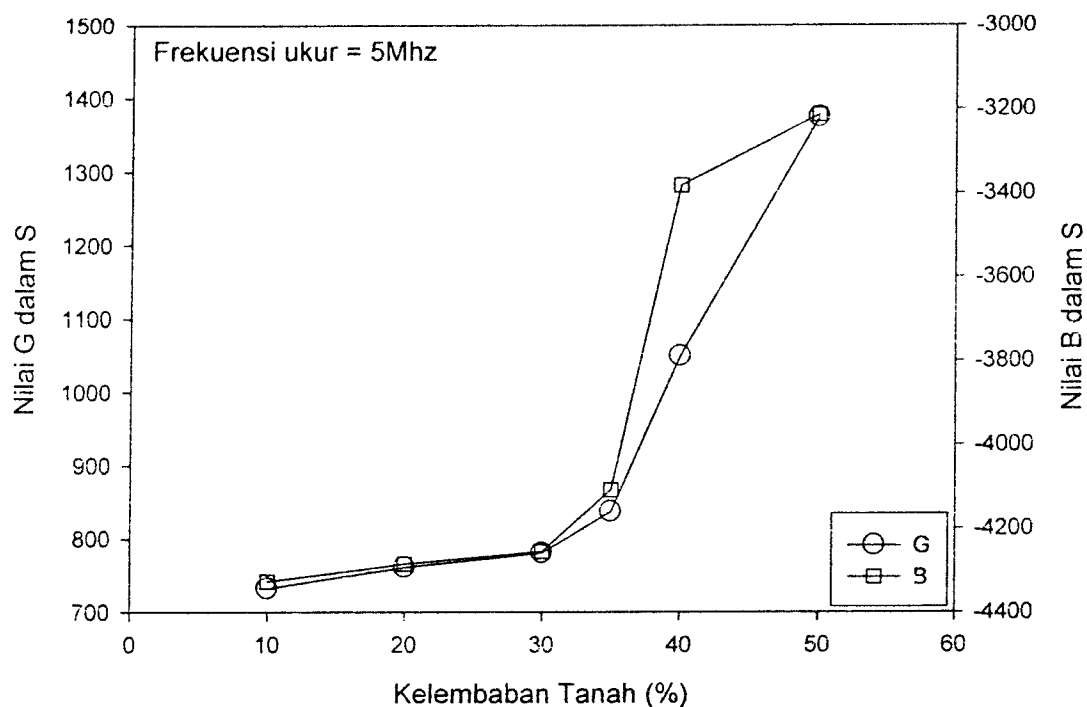


Gambar 15 Kurva kompleks dari tanah (a) andisol pada beberapa tingkat kelembaban dan (b) entisol

Kurva ini memberikan grafik setengah lingkaran (semi circle) untuk beberapa tingkat kelembaban terdefinisi yaitu kelembaban 10, 20, 30, 35, 40, 50%. Dari gambar diperlihatkan bahwa pada tingkat kelembaban yang rendah maka kurva setengah lingkaran lebih tinggi dari yang mempunyai kelembaban tinggi. Dalam hal ini nilai bagian imajiner dari pengukuran impedansi sensor kelembaban lebih tinggi dari lainnya.

Hal ini disebabkan faktor imajiner lebih disebabkan oleh sifat kapasitif dari dielektrik sensor yaitu tanah dengan tingkat kelembaban yang rendah. Makin rendah tingkat kelembaban maka bagian imajiner yang mewakili sifat kapasitif dari dielektrik tanah akan lebih dominan dari bagian real dari kurva impedansi yang menyatakan sifat konduktansi dari tanah (admittansi). Kurva impedansi ini

dapat dibagi menjadi dua bagian kurva Admitansi dimana Y' (frek) menyatakan sebagai Y' yang merupakan bagian real G dan Y'' (frek) yang merupakan Y'' menyatakan bagian imajiner B dari sensor. Gambar 16 berikut memperlihatkan besarnya bagian real G dan imajiner G dari tanah andisol pada besar frekuensi pengukuran 5Mhz. Besarnya frekuensi pengukuran akan berpengaruh kepada selektivitas sensor dalam mendeteksi kelembaban tanah.

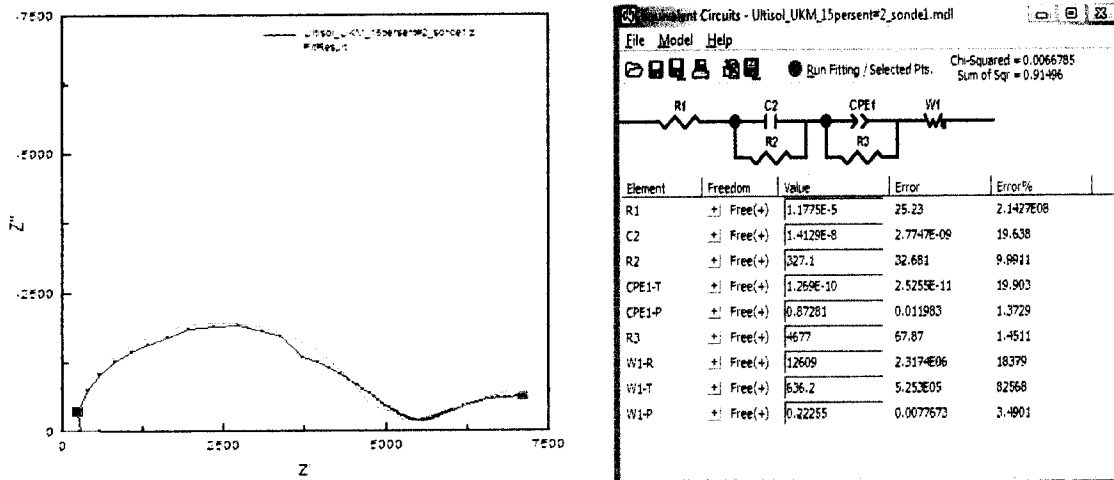


Gambar 16. Nilai real G dan imajiner B dari sensor pada $f=5\text{MHz}$

Untuk mengetahui karakteristik fisis kelembaban tanah maka dilakukan pemodelan kurva impedansi untuk memperoleh gambar rangkaian pengganti yang menggambarkan pengaruh perubahan efek medan elektromagnetik pada elektroda sensor. Kemudian disusun suatu informasi yang berhubungan dengan hubungan sifat fisis tanah. Model yang dikembangkan harus diverifikasi dengan suatu objek ukur yang telah diketahui kelembabannya.

Model rangkaian pengganti seperti diperlihatkan pada gambar 17 berikut merupakan rangkaian ekuivalent dari semi circle dari kurva impedansi sensor yang diukur dengan dielektrik tanah ultisol mempunyai kelembaban 15%. Adapun tujuan pemodelan ini yang diperoleh mempergunakan software ZView adalah untuk memperhitungkan besarnya pengaruh di luar sampel yang diukur (tanah) seperti pengaruh dimensi sonde sensor terhadap timbulnya kapasitansi liar, holder penahan sonde sensor yang terbuat dari nilai memberikan kontribusi terhadap tingginya kurva setengah lingkaran. Dengan mengetahui rangkaian ekuivalent dari impedansi tanah yang diukur maka kita dapat mereduksi

pengaruh sonde terhadap pengukuran dan dapat memastikan kurva yang menjadi hasil dari pengukuran dan bukan yang berasal dari sonde itu sendiri.



Gambar 17. Pemodelan kurva "semi circle" untuk memperoleh rangkaian ekuivalent dari sensor dan dielektrik tanah pada kelembaban tertentu

IV.4. Pengolahan Data Sensor Dengan Neural Network

Neural Network memiliki sifat mendasar yaitu kecerdasannya analog dengan kecerdasan manusia. Neural Network dapat menyelesaikan persoalan yang sulit jika diselesaikan dengan menggunakan komputasi secara konvensional. Manusia memiliki kemampuan mengingat informasi pola secara menyeluruh dan mengadaptasi pemrosesan pola dengan baik. Neural Network dirancang dan dilatih untuk memiliki kemampuan seperti yang dimiliki manusia. Jadi, salah satu motivasi untuk mempelajari pola yang terkait dengan Neural Network ini adalah untuk memahami kemampuan manusia dan diharapkan setelah dilatih maka kecerdasan dari Neural Network dapat mempunyai kecerdasan yang dimiliki oleh manusia.

Model jaringan syaraf ditunjukkan dengan kemampuannya dalam analisa dan prediksi. Oleh karena itu, Neural Network dapat digunakan untuk belajar dan menghasilkan operasi dari beberapa input untuk menghasilkan output tertentu dan juga dapat memprediksi kemungkinan output yang akan muncul jika diberikan sejumlah input kepadanya.

Pada Neural Network, kita mengenal banyak konfigurasi neuron dan algoritma pelatihan/pembelajaran. Saat ini, banyak sekali nama model algoritma pembelajaran pada Neural Network, antara lain :

- *Perceptron*,
- *Backpropagation (Jalar balik)*,
- *Hopfield*,

- *Linear filters (filter linear)*
- *Self organizing,*
- *Learning Vector Quantification (LVQ),*
- dan masih banyak lagi.

Pada penelitian ini akan dibangun Neural Network dengan algoritma pembelajaran Backpropagation (Jalar Balik). Backpropagation adalah algoritma pembelajaran yang terawasi (*supervised*) dan biasanya mempunyai banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya.

Pelatihan sebuah jaringan yang menggunakan backpropagation terdiri dari 2 langkah, yaitu : pelatihan pola input secara perambatan maju (*feedforward*), dan jalar balik (*backpropagation*) dari kumpulan kesalahan dan perbaikan bobot. Algoritma backpropagation menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu.

Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat didiferensialkan, seperti :

1. Sigmoid

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}}$$

$$\text{dengan : } f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)],$$

Fungsi ini memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Oleh karena itu , fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval $0 \leq \text{nilai output} \leq 1$.

2. Tansig

$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

$$\text{atau } y = f(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}}$$

$$\text{dengan : } f'(x) = [1 + f(x)][1 - f(x)],$$

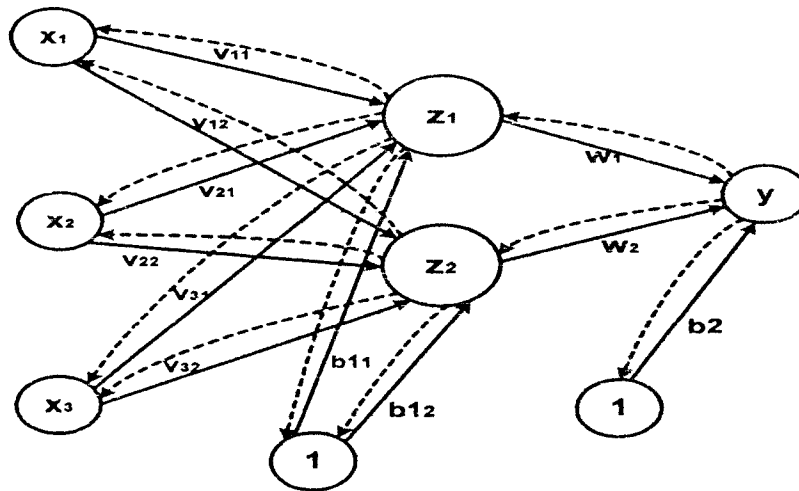
Oleh karena fungsi ini memiliki nilai pada range -1 sampai 1, maka fungsi ini sangat cocok digunakan untuk Neural Network yang mempunyai nilai output pada range $-1 \leq \text{nilai output} \leq 1$.

3. Purelin

$$y = f(x) = x$$

dengan : $f'(x) = 1$

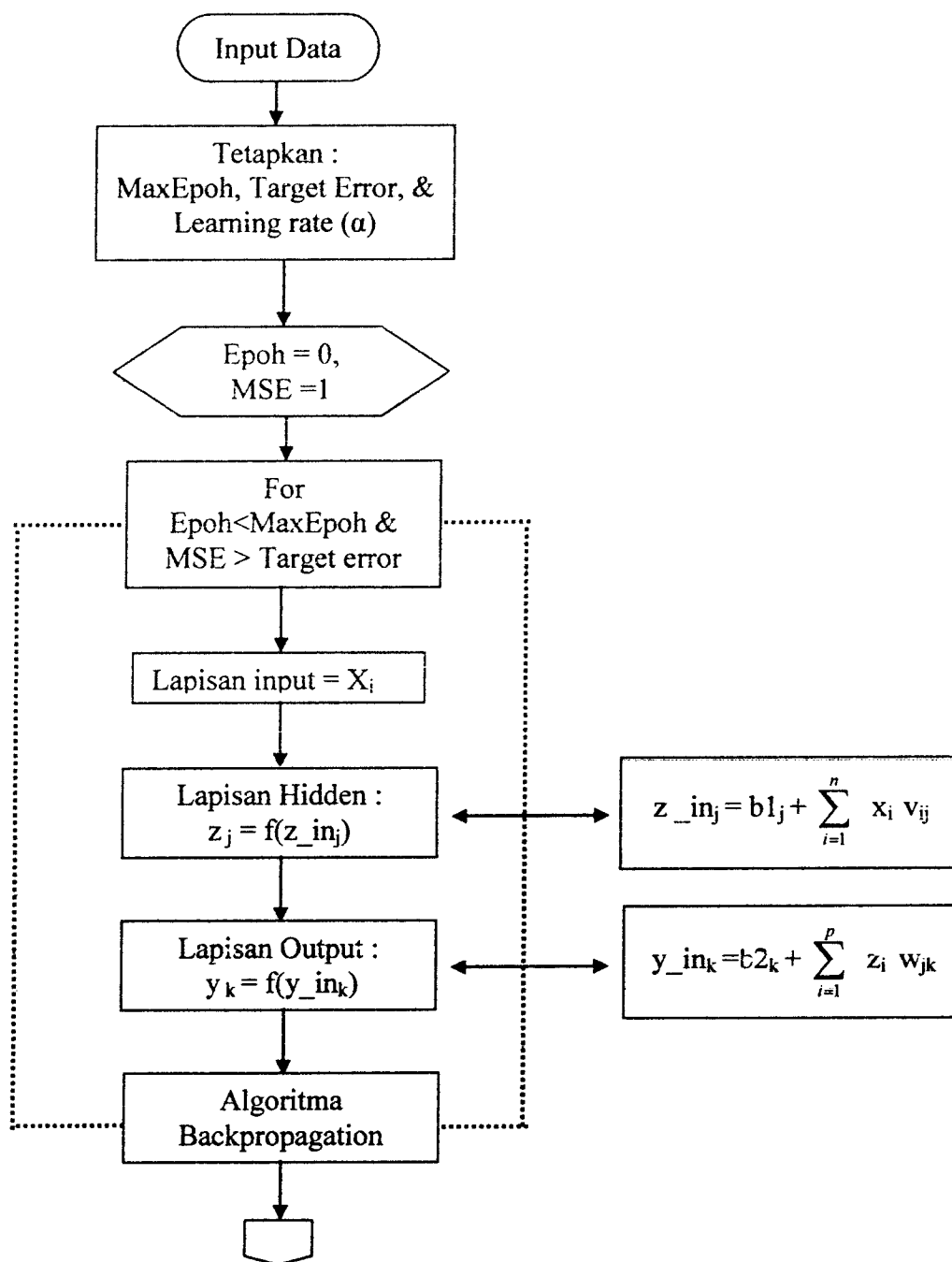
Fungsi ini mempunyai nilai input sama dengan nilai outputnya dan biasa dipakai pada model Neural Network banyak lapisan. Oleh karena nilai inputnya sama dengan nilai outputnya, maka fungsi ini dapat digunakan pada Neural Network filter linear. Contoh dari arsitektur jaringan backpropagation dapat kita lihat pada gambar berikut ini.



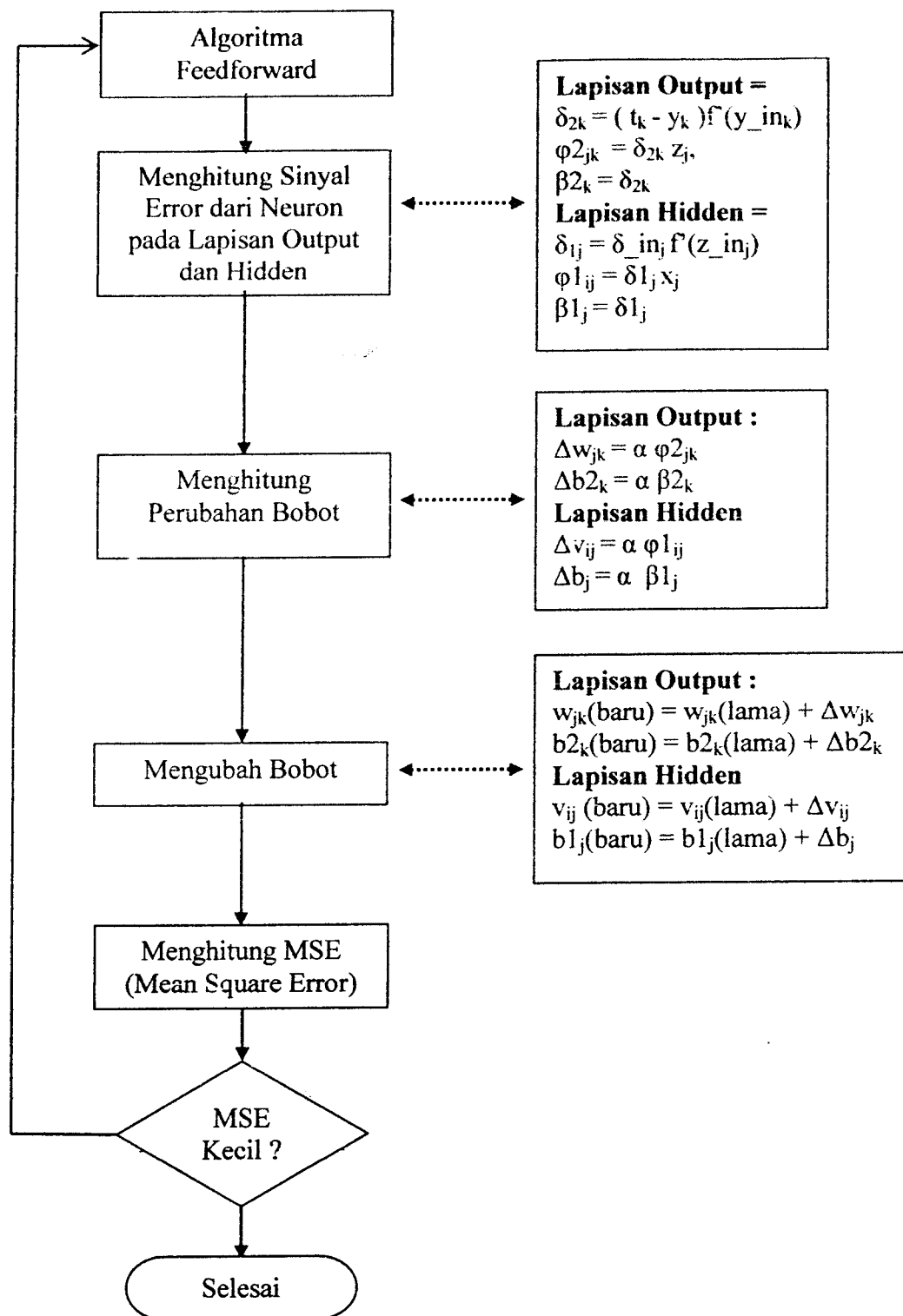
Gambar 18 Contoh arsitektur Neural Network backpropagation

Pada gambar 18 di atas, jaringan terdiri atas 3 unit neuron pada lapisan input, yaitu : x_1 , x_2 , dan x_3 ; 1 lapisan tersembunyi dengan 2 neuron, yaitu z_1 dan z_2 ; serta 1 neuron pada lapisan output, yaitu y . Bobot yang menghubungkan x_1 , x_2 , dan x_3 dengan z_1 pada lapisan tersembunyi adalah v_{11} , v_{21} , dan v_{31} dan bobot yang menghubungkan x_1 , x_2 , dan x_3 dengan z_2 pada lapisan tersembunyi adalah v_{12} , v_{22} , dan v_{32} . Bobot yang menghubungkan z_1 dan z_2 neuron pada lapisan output adalah w_1 dan w_2 . Sementara itu, b_{11} dan b_{12} adalah bobot bias yang menuju ke neuron pertama dan kedua pada lapisan tersembunyi dan bobot bias b_2 menghubungkan lapisan tersembunyi dengan lapisan output. Fungsi aktivasi akan mengaktifasi sinyal output tiap lapisan menjadi output lapisan tersebut

Berdasarkan algoritma di atas, maka kita dapat membuat diagram alir (flow chart) umum untuk algoritma backpropagation, yaitu diagram alir untuk algoritma feedforward dan diagram alir untuk algoritma backpropagation. Berikut ini adalah diagram alir dari algoritma yang dimaksud.



Gambar 19 Diagram alir algoritma feedforward

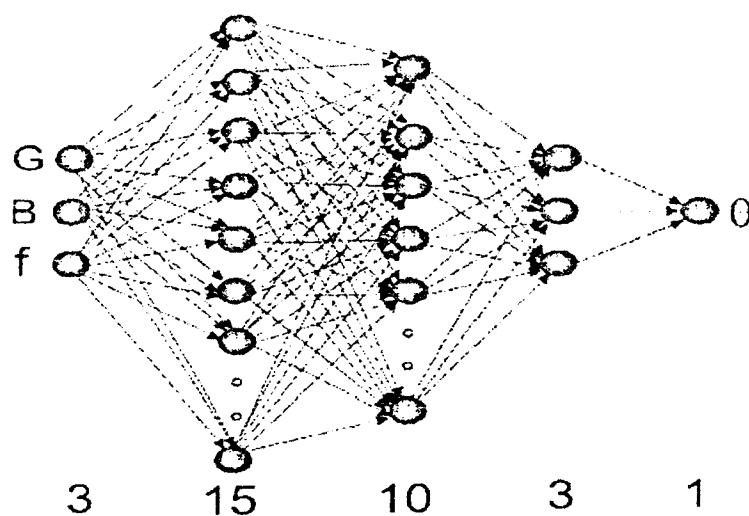


Gambar 20 Diagram alir algoritma backpropagation

Data yang digunakan adalah data dari sensor soil moisture disajikan dalam bentuk ASCII (*American Standard Code for International Interchange*) terdiri atas 3 kolom. Kolom-kolom tersebut dapat dijelaskan seperti di bawah ini.

- Kolom ke-1 : nilai real G (konduktansi)
- Kolom ke-2 : nilai imajiner B (modulus)
- Kolom ke-3 : f (frekwensi)

Pada Neural Network kita mengenal adanya data masukan/input dan target. Data masukan/input tersebut akan dilatih dengan algoritma pembelajaran tertentu sehingga menghasilkan output/keluaran. Selanjutnya, output tersebut akan dibandingkan dengan target. Jika selisih/*error* antara target dan output kecil atau mendekati nol, maka Neural Network yang kita buat sudah dapat dikatakan akurat. Arsitektur Neural Network yang akan digunakan pada Soil Moisture Sensor dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 21 Arsitektur Neural Network yang akan dipakai pada proses pelatihan

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa arsitektur Neural Network ini terdiri atas :

- Lapisan input yang terdiri atas 3 neuron. Data input merupakan data Soil Moisture yang terdiri atas 3 masukan,
- Lapisan tersembunyi pertama yang terdiri atas 15 neuron,
- Lapisan tersembunyi kedua yang terdiri atas 10 neuron,
- Lapisan tersembunyi kedua yang terdiri atas 3 neuron,
- Lapisan output yang terdiri atas 1 neuron. Output jaringan adalah nilai tingkat kelembaban tanah.

Arsitektur JST di atas disebut juga arsitektur 3-15-10- 3- 1. Fungsi aktivasi yang digunakan untuk tiap lapisan adalah :

- Lapisan tersembunyi pertama menggunakan fungsi aktivasi tansig,
- Lapisan tersembunyi kedua menggunakan fungsi aktivasi logsig,

- Lapisan output menggunakan fungsi aktivasi purelin atau fungsi identitas.

Pada proses neural network backpropagation terdapat parameter-parameter yang harus diset terlebih dahulu, yaitu :

- *Maksimum epoch*

Menunjukkan jumlah epoch maksimum yang boleh dilakukan selama proses pelatihan. Iterasi akan dihentikan apabila nilai epoch melebihi nilai maksimum epoch yang telah ditentukan,

- *Goal* atau kinerja tujuan

Menunjukkan target nilai fungsi kinerja. Iterasi akan dihentikan apabila fungsi kinerja kurang dari atau sama dengan kinerja tujuan,

- *Learning rate*

Menunjukkan laju pelatihan/pembelajaran pada proses pelatihan neural network. Semakin besar nilai learning rate akan berimplikasi pada semakin besarnya langkah pembelajaran. Jika learning rate di-set terlalu besar maka algoritma menjadi tidak stabil dan jika di-set terlalu kecil maka algoritma akan konvergen dalam waktu yang sangat lama,

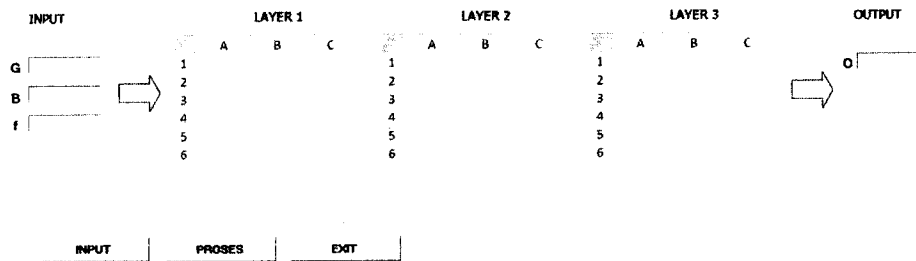
- *Show step*

Menunjukkan jumlah epoch berselang yang akan ditunjukkan kemampuannya. Untuk studi kasus ini, parameter-parameter di atas di-set seperti di bawah ini :

- Maksimum epoch = 5000
- Goal atau kinerja tujuan = $1e-2$
- Learning rate = 0,5
- Show step = 200.

Berdasarkan algoritma diatas maka dibuat mock up dari program Neural Network pada Soil Moisture Sensor seperti pada gambar 22 berikut. Pada bagian input dimasukkan data G, B dan F. Dengan menekan tombol proses maka nilai matrik bobot pada layer 1, layer 2 dan layer 3 dapat diketahui setiap iterasinya.

**Soil Moisture Sensor Dengan Neural Network
Untuk Mereduksi Faktor Pengaruh Jenis Tanah**



Data input untuk pengolahan ini diperoleh dari pemodelan kurva impedansi dari masing-masing tipe tanah yang diambil pada frekuensi kerja tertentu. Input data berupa harga G, B dan jenis tanah kemudian diinputkan pada program neural network untuk memperoleh nilai kelembaban tanah θ yang tidak bergantung pada jenis tanah. Untuk itu diharapkan pada tahun kedua dapat dilakukan simulasi pemrosesan data mempergunakan neural network ini.