

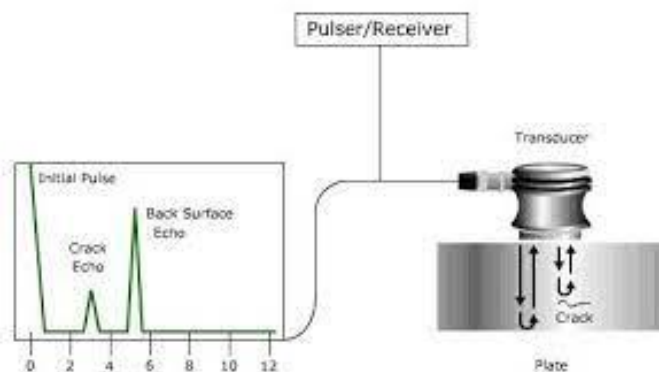
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengujian Tidak Merusak (*Non Destructive Test, NDT*)

Pengujian tidak merusak merupakan pengujian terhadap suatu material untuk mengetahui adanya cacat, retak, tanpa merusak benda uji. Teknik NDT yang dapat digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan yaitu pengujian ultrasonik. Pada proses inspeksi menggunakan pengujian ultrasonik, gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi diatas 20 kHz dipancarkan, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi cacat pada benda, pengukuran dimensi cacat dan menentukan ketebalan benda uji. Secara umum metode ini digunakan untuk pengukuran ketebalan plat kapal, perawatan sambungan pipa saluran gas dengan minyak, proses perawatan komponen pada pesawat, bagian dari proses *manufacturing* dengan tujuan menjaga benda atau komponen tersebut tetap pada kondisi yang baik(Kristianto, 2013).

Secara umum, prinsip kerja dari proses inspeksi benda uji menggunakan metode ultrasonik yaitu dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik yang sangat tinggi sebesar 20 kHz ke benda uji menggunakan suatu *transducer* atau *probe* yang memiliki fungsi sebagai *transmitter* dan *receiver*. Apabila gelombang yang dipancarkan dan terpantulkan kembali dengan sempurna ke *transducer* maka benda tersebut dalam keadaan baik, apabila kasusnya terdapat suatu kecacatan pada benda maka gelombang yang dipantulkan tersebut tidak akan sempurna mengenai permukaan yang cacat ditengah perambatannya. Prinsip kerja dari pengujian ultrasonik seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Pengujian Ultrasonik(Testindo.com, 2018)

Pengujian ultrasonik merupakan metode pengujian tidak merusak yang memanfaatkan rambatan gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh *transducer* pada benda kerja/material lalu gelombang baliknya ditangkap oleh *receiver* untuk menentukan cacat yang ada pada material (Bernieri *et al.*, 2018).

2.2 Sensor Kapasitif

Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang mengukur kapasitansi antara dua atau lebih konduktor pada bahan dielektrik. Konsep yang digunakan kapasitor dalam sensor kapasitif yaitu proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh luas permukaan, jarak dan bahan dielektrik (Terzic, 2012). Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran tetapi pada prinsipnya tersusun dari dua keping konduktor dan dipisahkan dengan oleh dielektrik.

$$Q = C.V \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

Q = Muatan Listrik (*coulomb*)

C = Kapasitansi (F)

V = Tegangan Terukur (*volt*)

Tabel 2.1 Konstanta Dielektrik pada Beberapa Bahan (Terzic, 2012)

Material	Konstanta Dielektrik
Vakum	1
Udara	1,00054
Polyvinyl Klorida (PVC)	3,54
Air	80,1

Kapasitansi merupakan besaran yang mempresentasikan kemampuan untuk menampung muatan listrik pada suatu kapasitor. Ukuran dan bentuk dari suatu konduktor sangat mempengaruhi nilai kapasitansi yang akan bertambah apabila terdapat bahan dielektrik. Kapasitansi kapasitor dalam geometri dan konstan dielektriknya sebagai berikut (Terzic, 2012):

$$C = \epsilon_r \frac{\epsilon_0 A}{d} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

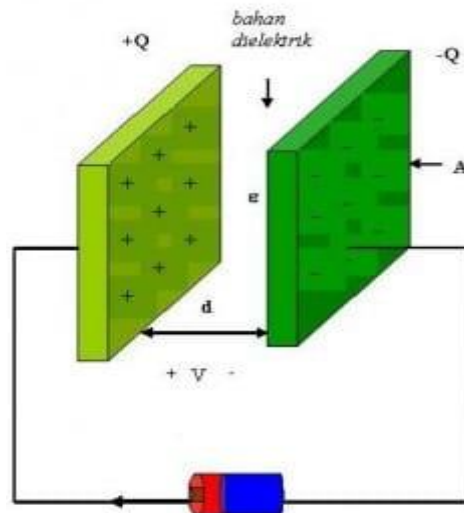
C = Kapasitansi (F)

ϵ_r = Permittivitas (udara = 1)

ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa ($8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m)

A = Luas pelat/lempeng (m^2)

d = Jarak antara pelat/lempeng (m)



Gambar 2.2. Konsep Sensor Kapasitif

Pengukuran kapasitansi dilakukan dengan menempatkan material dielektrik diantara pelat kapasitor. Nilai kapasitansi yang terukur akan bergantung pada jenis material dielektrik. Konstanta dielektrik material berhubungan dengan kemampuan material untuk menstransmisikan medan listrik (Terzic, 2012):

$$C = \epsilon_r C_0 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

C = Kapasitansi (F)

ϵ_r = Konstanta dielektrik material

C_0 = Kapasitansi dengan tidak adanya konstanta dielektrik (F)

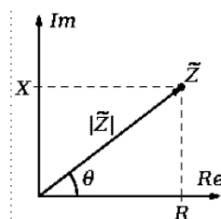
2.3 Impedansi

Impedansi listrik atau lebih sering disebut impedansi, menjelaskan tentang ukuran penolakan terhadap arus bolak balik sinusoid. Impedansi listrik memperluas konsep resistansi listrik ke sirkuit AC, menjelaskan tidak hanya dari tegangan dan

arus, tetapi juga fase. Impedansi adalah kuantitas kompleks yang dinotasikan dengan Z dan istilah impedansi kompleks mungkin dapat dipertukarkan. Bentuk polar secara praktis menunjukkan baik karakteristik dan fase.

$$Z = Z e^{j\theta} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana magnitude Z menunjukkan perbandingan perbedaan tegangan terhadap arus, θ memberikan perbedaan fase antara tegangan dan arus, sedangkan j adalah bilangan imajiner (Reza Zekavat, 2013).



Gambar 2.3 Impedansi dalam Koordinat Kartesius (Reza Zekavat, 2013)

Dalam koordinat kartesius:

$$Z = R + jX \dots\dots\dots(2.5)$$

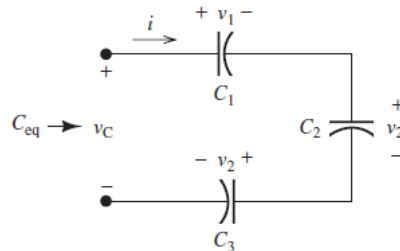
Dimana bagian nyata dari impedansi adalah resistansi (R) dan bagian imajiner adalah reaktansi (X). Secara dimensi, impedansi sama dengan resistansi dan satuan SI adalah ohm. Istilah impedansi digunakan pertama kali oleh Oliver Heaviside pada juli 1886. Arthur Kennelly adalah yang pertama kali menunjukkan dengan bilangan kompleks pada 1893. Kebalikan dari impedansi adalah admitansi.

2.4 Kapasitor Seri & Pararel

Kapasitor merupakan suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik didalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C”. Kapasitor sama seperti resistor, dapat diatur menjadi koneksi seri. Rumus pada kapasitor dapat digunakan untuk menghitung kapasitansi jaringan kapasitor yang lebih kompleks (Reza Zekavat, 2013).

2.4.1 Kapasitor Seri

Rangkaian kapasitor secara seri akan mengakibatkan nilai kapasitansi total semakin kecil. Adapun rangkaian kapasitor seri ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



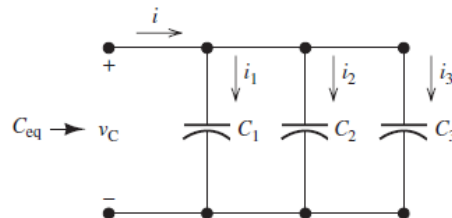
Gambar 2.4 Kapasitor Seri (Reza Zekavat, 2013)

Secara umum, metode perhitungan kapasitansi ekivalen kapasitor secara seri seperti perhitungan resistor. Rumusnya sebagai berikut:

$$C_{eq} = \left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \right]^{-1} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.4.2 Kapasitor Pararel

Rangkaian kapasitor secara pararel akan mengakibatkan nilai kapasitansi pengganti semakin besar. Adapun rangkaian kapasitor ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kapasitor Pararel (Reza Zekavat, 2013)

Pada rangkaian kapasitor berlaku rumus sebagai berikut:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \dots\dots\dots(2.7)$$

2.5 Osiloskop

Osiloskop merupakan alat ukur elektronik yang dapat memetakan atau memproyeksikan sinyal listrik dan frekuensi menjadi gambar grafik agar dapat diamati, dibaca dan mudah untuk dipelajari. Dengan menggunakan alat osiloskop

kita dapat mengamati dan menganalisa bentuk gelombang dari sinyal listrik atau frekuensi dalam suatu rangkaian. Saat ini terdapat dua jenis osiloskop yaitu osiloskop analog dan osiloskop digital. Berdasarkan prinsip kerja keduanya sama-sama menerima sinyal input berupa tegangan listrik kemudian menampilkannya ke sebuah *display*, namun proses pengubahan sinyal input tersebut agar dapat ditampilkan kedalam *display* keduanya berbeda (Bachmid, Poekoel and Wuwung, 2017).

Pada osiloskop analog sinyal input yang masuk hanya melewati bagian vertikal dan langsung dikondisikan ke bagian sistem *display*, sementara itu untuk osiloskop digital harus melalui proses pengubahan sinyal ke kode-kode biner, penyimpanan dalam memori dan proses rekonstruksi bentuk gelombang ke sistem *display*. Dikarenakan proses yang harus dilalui oleh sinyal pada osiloskop digital sedikit panjang dan harus melalui proses digitalisasi maka jika ditinjau osiloskop analog akan lebih unggul daripada osiloskop digital (Bachmid, Poekoel and Wuwung, 2017).



Gambar 2.6 Osiloskop Digital dan Analog

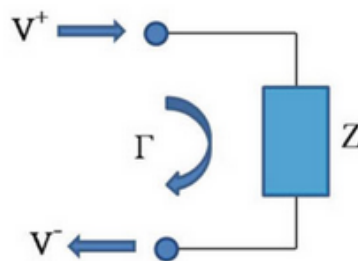
Pada umumnya osiloskop dapat menampilkan grafik Dua Dimensi (2D). Osiloskop dapat mengukur karakteristik yang berbasis tegangan (Voltage) pada sumbu Y dan mengukur karakteristik yang berbasis waktu (Time) pada sumbu X. Pengukuran berbasis tegangan yaitu: Amplitudo adalah ukuran besarnya suatu sinyal atau tingginya puncak gelombang. Pengukuran dari puncak tertinggi ke puncak terendah (V_{pp}), mengukur salah satu puncaknya saja baik yang tertinggi maupun yang terendah dan tegangan rata-rata. Pengukuran berbasis waktu yaitu: Frekuensi (jumlah getaran dalam 1 detik), periode (waktu untuk 1 getaran), *duty cycle* (perbandingan lama kondisi ON dengan kondisi OFF pada setiap periode),

rise time (waktu perubahan sinyal terendah ke tertinggi), *fall time* (waktu perubahan sinyal tertinggi ke terendah)(Temapela, 2019).

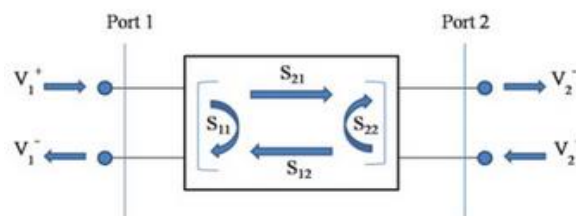
2.6 Vector Network Analyzer (VNA)

Vector Network Analyzer (VNA) merupakan peralatan yang digunakan untuk pengukuran respon frekuensi, dari jaringan dimana kekuatan sinyal dengan kecepatan tinggi yang masuk dan kembali dari jaringan yang memperoleh perhitungan parameter *return loss* dan *insertion loss* dari jaringan yang diuji (Labun *et al.*, 2020). VNA digunakan untuk pengukuran koefisien transmisi (TC) dan koefisien refleksi (RC) pada suatu material dengan frekuensi gelombang mikro. Koefisien transmisi (TC) dan koefisien refleksi (RC) yang diperoleh digunakan untuk mendapatkan nilai *permittivity* (dielektrik) dan *permeability* (*magnetic*). VNA yang digunakan terdiri dari sumber sinyal, penerima dan tampilan. Prinsip pengukuran VNA adalah pengukuran rasio koheren antara sinyal yang ditransmisikan dan diterima melalui pemancar atau penerima yang dihubungkan ke VNA.

VNA mengukur fase insiden dan gelombang pantulan. VNA membutuhkan implementasi yang lebih kompleks tetapi memiliki akurasi yang lebih tinggi dan presisi. Adapun jenis port jaringan terdapat pada Gambar 2.7 dan 2.8.



Gambar 2.7 One-Port Network (Shoaib, 2017)



Gambar 2.8 Two-Port Network (Shoaib, 2017)

Dalam jaringan dua sisi seperti pada gambar 2.8, terdapat juga maju dan membalikkan transmisi selain memantul, jumlah ini dapat dinyatakan dalam hal *scattering* parameter (s-parameter) (Shoaib, 2017). S-parameter didefinisikan sebagai rasio dari jumlah gelombang refleksi dan insiden. Dalam kasus jaringan dua sisi terdapat empat s-parameter yaitu S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} . Untuk S_{11} dan S_{22} merupakan masukan dan keluaran koefisien refleksi dari masing-masing port 1 dan port 2. Sementara S_{21} dan S_{12} mewakili maju dan membalikkan koefisien transmisi masing-masing. S-parameter dapat dituliskan dalam bentuk matriks berikut:

$$\begin{bmatrix} V_1^- \\ V_2^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^+ \\ V_2^+ \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana V_1^- dan V_2^- merupakan gelombang pasang, sedangkan V_1^+ dan V_2^+ merupakan insiden di port 1 dan port 2. Bentuk lebih umum s-parameter ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$S_{mn} = \frac{V_m^-}{V_n^+}; V_{m \neq n}^+ = 0 \dots\dots\dots(2.11)$$