

**PEMBUATAN SISTEM SENSOR KAPASITIF UNTUK
OPTIMASI LAPISAN KETEBALAN *COATING***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Andi Yuditama

3334180039

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMBUATAN SISTEM SENSOR KAPASITIF UNTUK
OPTIMASI LAPISAN KETEBALAN *COATING***

SKRIPSI

Disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si.

NIP. 197905022005012005



Imamul Muttakin, S.T., M.Eng., Ph.D

NIP. 198705262014041001

LEMBAR PERSetujuan




PEMBUATAN SISTEM SENSOR KAPASITIF UNTUK
OPTIMASI LAPISAN KETEBALAN COATING

Diusun dan diajukan oleh:

Andi Yuditama

3334180039

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 16 Agustus 2022

	Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
Penguji I	: Dr. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si.	
Penguji II	: Imamul Muttakin, S.T., M.Eng., Ph.D	
Penguji III	: Dr. Didied Haryono, S.T., M.T.	

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.

NIP. 197804102003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pembuatan Sistem Sensor Kapasitif Untuk Optimasi Lapisan Ketebalan *Coating*.

Nama Mahasiswa : Andi Yuditama

NIM : 3334180039

Fakultas : Teknik Metalurgi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi diatas adalah benar-benar hasil karya saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan oleh rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar pernyataan ini.

Cilegon, 16 Agustus 2022



Andi Yuditama

NIM. 3334180039

ABSTRAK

Material sebagai bahan utama konstruksi dan penunjang jika digunakan secara terus-menerus akan mengalami penurunan performa. Kondisi dari operasi dan lingkungan menyebabkan material mengalami korosi atau degradasi. Salah satu upaya untuk meminimalkan terjadinya korosi yaitu dengan metode pelapisan atau *coating*. Bagian terpenting dari *coating* yaitu ketebalan lapisan yang diterapkan pada material. Oleh karena itu, perlu adanya tahapan insepeksi untuk mengetahui hasil *coating*, salah satunya yaitu menggunakan sensor kapasitif. Pengukuran dengan sensor kapasitif dilakukan dengan mendapatkan nilai kapasitansi menggunakan alat *Vector Network Analyzer* (VNA). Dengan mengukur nilai kapasitansi material, sensor kapasitif dapat mengetahui ketebalan lapisan cat. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan ketebalan lapisan berdasarkan perubahan nilai kapasitansi serta membandingkannya dengan pengukuran menggunakan mikrometer sekrup. Benda uji yang digunakan yaitu akrilik dengan variasi tanpa lapisan, 1 lapisan dan 3 lapisan cat. Hasil pengukuran pada frekuensi 300 kHz – 3 MHz menunjukkan grafik kapasitansi dan nilai ketebalan lapisan cat yang diperoleh. Ketebalan untuk akrilik tanpa lapisan yaitu 2,30 mm, akrilik 1 lapisan cat adalah 2,49 mm dan akrilik 3 lapisan cat yaitu 2,56 mm. Nilai kapasitansi pada akrilik tanpa lapisan adalah 0,2 pF, 1 lapisan cat sebesar 0,4 pF dan 3 lapisan cat yaitu 2,5 pF. Hasil pengukuran dengan menggunakan mikrometer sekrup diperoleh untuk akrilik tanpa lapisan cat adalah 2,19 mm, 1 lapisan cat sebesar 2,30 mm dan 3 lapisan cat yaitu 2,39 mm. Adapun perbandingan dari ketebalan lapisan cat yang diperoleh dari pengolahan data VNA dan mikrometer sekrup untuk akrilik tanpa lapisan cat berbeda 0,11 mm, 1 lapisan cat berbeda 0,19 mm dan 3 lapisan cat berbeda 0,17 mm.

Kata Kunci : Degradasi material, *coating*, sensor kapasitif, kapasitansi

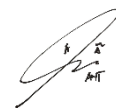
KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, nikmat kesehatan, serta kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pembuatan Sistem Sensor Kapasitif Untuk Optimasi Lapisan Ketebalan *Coating*. Dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan sekaligus Koordinator Skripsi Jurusan Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Dr. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Bapak Imamul Muttakin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Orang tua penulis yaitu Bapak R. Moh Harun dan Ibu Elatif Puji yang senantiasa mendoakan serta memberi dukungan moril dan materil kepada penulis.
4. Keluarga besar Teknik Metalurgi 2018 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa serta pegawai dan staf di lingkungan PT. CTECH Lab Edwar Teknologi.
5. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per-satu, yang telah membantu penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perkembangan penelitian yang lebih baik. Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan.

Cilegon, 16 Agustus 2022



Andi Yuditama

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengujian Tidak Merusak (<i>Non-Destructive Test/NDT</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.2 Sensor Kapasitif.....	6
2.3 Impedansi	7
2.4 Kapasitor Seri & Pararel	8
2.4.1 Kapasitor Seri	9
2.4.2 Kapasitor Pararel.....	9
2.7 Osiloskop.....	9
2.8 <i>Vector Network Analyzer (VNA)</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Alat yang digunakan.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Bahan yang digunakan	Error! Bookmark not defined.
3.3 Prosedur Percobaan.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1 Desain Sensor ECVT 9 <i>Channel</i>	Error! Bookmark not defined.

3.3.2 Pembuatan Sampel dengan Ketebalan 1 & 3 Lapis	Error! Bookmark not defined.
3.3.3 Karakterisasi Sensor dengan Osiloskop dan Signal Generator.....	16
3.3.4..... Karakterisasi Sensor dengan <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA)	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Desain Sensor ECVT 9 <i>Channel</i>	19
4.2 Karakterisasi Sensor Kapasitif	Error! Bookmark not defined.
4.3 Uji Performa Sensor.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Karakterisasi Sensor dengan alat Osiloskop dan Generator Fungsi.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Karakterisasi Sensor dengan Alat <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA)	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN	38
LAMPIRAN B DATA HASIL PENELITIAN.....	39
LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konstanta Dielektrik Pada Beberapa Bahan	6
Tabel 4.1 Tegangan Terukur Pasangan elektroda Seluruh Variasi Cat	26
Tabel 4.2 Nilai Impedansi Imajiner Setiap Variasi Lapisan Cat	32
Tabel 4.3 Nilai Permittivitas Material	33
Tabel 4.4 Perbandingan Nilai Ketebalan Akrilik	34
Tabel B.1 Data Osiloskop Udara Tanpa Chamber	40
Tabel B.2 Data Osiloskop Udara Menggunakan Chamber	41
Tabel B.3 Data Osiloskop Akrilik Tanpa Lapisan.....	42
Tabel B.4 Data Osiloskop Akrilik 1 Lapisan Coating	44
Tabel B.5 Data Osiloskop Akrilik 3 Lapisan Coating	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Penggunaan UT	5
Gambar 2.2 Konsep Sensor Kapasitif	7
Gambar 2.3 Koordinat Kartesius	8
Gambar 2.4 Kapasitor Seri	9
Gambar 2.5 Kapasitor Paralel	9
Gambar 2.6 Osiloskop Digital & Analog	10
Gambar 2.7 <i>One-Port Network</i>	11
Gambar 2.8 <i>Two-Port Network</i>	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Sensor Kapasitif Ketebalan Lapisan Coating	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2 (a) Prototype Sensor (b) Desain 2D Sensor	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 Sampel Uji Akrilik	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.4 Pengukuran Sampel menggunakan Osiloskop	17
Gambar 3.5 Kit Kalibrasi dan Pengukuran Sampel dengan VNA	18
Gambar 4.1 Prototype Sensor ECVT 9 Channel	19
Gambar 4.2 Karakterisasi Sensor dengan Udara tiap pasangan elektroda (a) 1-2 (b) 1-4 (c) 2-3 (d) 2-5 (e) 3-6 (f) 4-5 (g) 4-7 (h) 5-6 (i) 5-8 (j) 6-9 (k) 7-8 (l) 8-9	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Rata-rata Nilai Tegangan Seluruh Pasangan Elektroda di Setiap Frekuensi	22
Gambar 4.4 Rata-rata Nilai Tegangan Seluruh Pasangan Elektroda di Setiap Frekuensi Tanpa Pasangan Elektroda 3-6	23
Gambar 4.5 Nilai Karakterisasi Tiap Frekuensi Untuk Pasangan Elektroda (a) 1-2 (b) 1-4 (c) 2-3 (d) 2-5 (e) 3-6 (f) 4-5 (g) 4-7 (h) 5-6 (i) 5-8 (j) 6-9 (k) 7- 8 (l) 8-9	25
Gambar 4.6 Rata-rata Nilai Tegangan Seluruh Pasangan Elektroda di Setiap Frekuensi dengan Variasi <i>Coating</i>	27
Gambar 4.7 Grafik Impedansi Kompleks terhadap Frekuensi (udara)	28

Gambar 4.8 Grafik Impedansi Kompleks terhadap Frekuensi Untuk Sampel Akrilik Tanpa Lapisan Cat	29
Gambar 4.9 Grafik Impedansi Kompleks terhadap Frekuensi Untuk Sampel Akrilik 1 Lapisan Cat.....	29
Gambar 4.10 Grafik Impedansi Kompleks terhadap Frekuensi Untuk Sampel Akrilik 3 Lapisan Cat.....	29
Gambar 4.11 Grafik Impedansi Kompleks terhadap Frekuensi (udara)	30
Gambar 4.12 Grafik Impedansi Kompleks terhadap Frekuensi Untuk Sampel Akrilik Tanpa Lapisan Cat	31
Gambar 4.13 Grafik Impedansi Kompleks terhadap Frekuensi Untuk Sampel Akrilik 1 Lapisan Cat.....	31
Gambar 4.14 Grafik Impedansi Kompleks terhadap Frekuensi Untuk Sampel Akrilik 3 Lapisan Cat.....	31
Gambar 4.15 Nilai Kapasitansi terhadap Frekuensi Untuk Setiap Variasi	32
Gambar 4.16 Kapasitansi terhadap Seluruh Pasangan elektroda	33
Gambar 4.17 Nilai Kapasitansi Sensor terhadap Ketebalan Objek pada Frekuensi 2,1 MHz	34
Gambar C.1 Osiloskop.....	50
Gambar C.2 Generator Fungsi.....	50
Gambar C.3 <i>Vector Network Analyzer</i>	50
Gambar C.4 Kit kalibrasi	50
Gambar C.5 Sensor ECVT 9 <i>Channel</i>	50
Gambar C.6 Kabel Konektor.....	50
Gambar C.7 Chamber	51
Gambar C.8 Akrilik	51
Gambar C.9 Cat	51
Gambar C.10 Probe Kalibrasi.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri, material yang akan digunakan sebagai bahan utama konstruksi atau pun bahan penunjang diharapkan mempunyai performa yang baik dan waktu pakai yang panjang. Setiap material yang digunakan akan mengalami korosi atau degradasi. Degradasi material merupakan perusakan material yang dapat merugikan atau menurunkan performa material yang diakibatkan oleh pengoperasian dan lingkungan sekitarnya. Degradasi material yang terjadi pada permukaan material terpapar langsung oleh lingkungannya. Hal-hal yang perlu dilakukan untuk meminimalkan terjadinya degradasi material serta umur pakai yang panjang yaitu dengan salah satu metode proteksi yang biasa digunakan dengan pelapisan atau *coating*. *Coating* merupakan teknik pelapisan suatu bahan material dibagian permukaan untuk melindungi material dari kontak langsung dengan benda pada saat aplikasi atau dengan lingkungannya. Selain untuk melindungi permukaan material, *coating* juga digunakan sebagai dekorasi material (Fontana and Greene, 1987).

Bagian yang perlu diperhatikan pada *coating* yaitu ketebalan lapisan. Jika lapisan yang diterapkan pada material terlalu tebal maka lapisan tersebut tidak dapat melekat dengan baik, sedangkan lapisan yang terlalu tipis tidak akan mampu memberikan proteksi pada material. Oleh karena itu, ketebalan lapisan pada proses *coating* material perlu diketahui. Metode yang sering digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan yaitu teknik pengujian tidak merusak (*Non-Destructive Test*, NDT) misalnya *ultrasonic testing*.

Pengujian tidak merusak yang umum digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan yaitu dengan *ultrasonic testing*. Aplikasi dari *ultrasonic testing* adalah untuk mengetahui cacat, retak serta pengukuran dimensi pada material. Prinsip *ultrasonic testing* yaitu memanfaatkan rambatan gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh *transducer* pada benda kerja/material lalu gelombang baliknya ditangkap oleh *receiver* (Bernieri *et al.*, 2018). *Ultrasonic testing* memiliki banyak

kekurangan seperti diperlukannya operator yang sudah terlatih, perlu *couplant* (cairan untuk media transmisi), tidak bisa dilakukan terhadap benda uji dengan permukaan kasar, bentuk tidak beraturan, ukurannya kecil dan tipis, serta tidak homogen maka akan sangat sulit untuk dilakukan pengujian. Maka dari itu metode alternatif pengganti untuk mengukur ketebalan lapisan yang dapat mengatasi kekurangan dari metode *ultrasonic testing* yaitu dengan menggunakan sensor kapasitif.

Sensor kapasitif merupakan teknologi yang menggunakan pelat kapasitif dan mengukur segala sesuatu yang memiliki nilai 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 oleh dielektrik. Sensor kapasitif bekerja berdasarkan metode kapasitif yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan komposisi bahan dielektrik dengan menentukan nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik.

Perubahan lapisan *coating* menyebabkan adanya perubahan nilai kapasitansi pada sensor kapasitif yang dapat diketahui dengan mengukur menggunakan alat *vector network analyzer* (VNA) berupa data *log magnitude* dan *phase*, yang nantinya data tersebut akan diolah untuk menjadi nilai kapasitansi. Pada penelitian terdahulu, aplikasi sensor berhasil didesain dan difabrikasi akan tetapi belum bisa mengukur ketebalan lapisan lebih tipis. Hal ini dapat dilihat dengan hasil substrat akrilik 5mm dengan *coating* 10 lapisan yaitu nilai tegangan output 312 mV menggunakan *capacitometer* (Aditya, 2021). Dengan demikian tujuan akhir yang diharapkan pada penelitian ini yaitu besaran tegangan yang diperoleh dapat menggambarkan karakteristik sensor, pengolahan data VNA untuk mengetahui perubahan nilai kapasitansi untuk ketebalan lapisan *coating* serta membandingkan nilai pengolahan data VNA dengan pengukuran ketebalan lapisan *coating* menggunakan alat mikrometer sekrup.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, sensor belum mampu untuk mengukur ketebalan lapisan cat pada substrat akrilik secara akurat. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengecekan ulang menggunakan substrat akrilik lebih tipis dan karakterisasi sensor untuk mengetahui frekuensi optimum pada sensor. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai kapasitansi yaitu dengan memanfaatkan pengukuran berdasarkan data *log magnitude* dan *phase* yang telah diolah datanya menjadi kapasitansi. Dengan demikian, nilai kapasitansi dari hasil pengukuran diharapkan dapat terukur yang selanjutnya akan berkorelasi dengan ketebalan lapisan.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengukur besaran tegangan yang diperoleh untuk menggambarkan karakteristik sensor.
2. Melakukan uji performa sensor untuk mengetahui perubahan nilai kapasitansi untuk ketebalan lapisan cat.
3. Membandingkan nilai pengukuran ketebalan lapisan cat hasil pengolahan data VNA dengan pengukuran ketebalan lapisan menggunakan mikrometer sekrup .

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini meliputi sebagai berikut:

1. Sensor ECVT 9 *channel*.
2. Substrat akrilik dengan variasi *coating* akrilik tanpa lapisan, 1 lapis dan 3 lapisan cat.
3. Cat di gunakan sebagai pelapis sampel.
4. *Chamber* dilapisi *Copper Foil* dengan ukuran 22 x 18 x 10 cm
5. Proses pengukuran sensor menggunakan osiloskop dan generator sinyal untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan pada frekuensi tertentu untuk melihat karakteristik dari sensor.

6. Proses pengukuran sensor dengan menggunakan VNA untuk mengetahui nilai kapasitansi yang diperoleh dari sensor.
7. Penelitian dilakukan di Laboratorium Advanced Material and Tomography (AMT) Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten dan CTECH Laboratories Edwar Technology, Alam Sutera, Kota Tangerang Selatan, Banten.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab, daftar pustaka dan lampiran. Bab I pendahuluan membahas mengenai latar belakang yang melandasi perlunya dilakukan penelitian mengenai ketebalan lapisan *coating*, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan laporan. Bab II tinjauan pustaka berisi mengenai literatur pendukung dilakukannya suatu penelitian. Bab III metode penelitian berisi tentang metodologi yang berisi tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta prosedur penelitian yang bersangkutan. Bab IV hasil dan pembahasan menjelaskan hasil dari penelitian yang dilakukan mengenai sensor untuk ketebalan lapisan *coating* dan analisa pembahasannya. Bab V kesimpulan dan saran dari penelitian. Daftar pustaka menyebut beberapa literatur yang digunakan sebagai dasar dan penunjang penelitian. Lampiran menjelaskan data hasil penelitian dan gambar alat serta bahan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Andri, G. 2015. 'Kajian Tentang Perlakuan Jarak Antar Elektroda Tembaga Terhadap Kinerja Sensor Konduktivitas Listrik Tanah Tipe Kapasitif', *beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, [.http://103.28.220.26/index.php?ref=browse&mod=viewarticle&article=366152](http://103.28.220.26/index.php?ref=browse&mod=viewarticle&article=366152).

Bachmid, A., Poekoel, V. and Wuwung, J. 2017. 'Osiloskop Portable Digital Berbasis AVR ATmega644', *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 6(1), pp. 15–26.

Bernieri, A. *et al.* 2018. 'Ultrasonic NDT on aluminum bars: An experimental performance comparison of excitation and processing techniques', *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 128, pp. 393–402. doi:10.1016/j.measurement.2017.10.040.

Fontana, M. G. 1987. Corosion Engineering, McGraw-Hill book co-Singapore www.iranidata.com.

Kristianto, H. 2013. 'Dengan Variasi Frekuensi dan Ukuran Kristal. Surabaya: ITS. Hal, 116–120.

Labun, J. *et al.* 2020. 'A simple high-precision 2-port vector analyzer', *IEEE Access*, 8, pp. 196609–196617. doi:10.1109/ACCESS.2020.3034536.

Reza Zekavat. 2013. *Electrical Engineering : Concepts and Applications*. Boston: Pearson.

Shoab, N. 2017. 'Vector Network Analyzer (VNA) Measurements and Uncertainty Assessment. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-44772-8>.

Sidi, M., Pahlanop, B. and Arman, Y. 2020. 'Perbandingan Kapasitansi dari Beberapa Jenis Bahan Menggunakan Kapasitor Silinder', 8(2), pp. 128–134. Temapela (2019) 'Jurnal'.

Terzic. 2012. *Approach to Fluid Quantity Measurement in Dynamic Environments*. London: British Library.

<https://www.testindo.com/article/267/jenis-jenis-ndt-nondestructive-test>.