



SKRIPSI – ME-141501

ANALISA PENGUKURAN INDUKTANSI, RESISTANSI SERTA KAPASITANSI DENGAN MAXWELL INDUCTANCE, MAXWELL CAPACITANCE BRIDGE DAN ANDERSON BRIDGE DISERTAI PEMBUATAN RANGKAIAN BRIDGE PADA LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI SISTEM PERKAPALAN

Fikri Achmanda Julian Aknanta
NRP 4215 105 024

Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS – ME-141501

ANALYSIS MEASUREMENT OF INDUCTANCE, RESISTANCE AND CAPACITANCE WITH MAXWELL INDUCTANCE, MAXWELL CAPACITANCE BRIDGE AND ANDERSON BRIDGE WITHIN MAKING BRIDGE CIRCUIT ON MARINE ELECTRICAL AND AUTOMATION SYSTEM LABORATORY

Fikri Achmanda Julian Aknanta
NRP 4215 105 024

Supervisor
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

*DEPARTEMEN OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN


ANALISA PENGUKURAN INDUKTANSI, RESISTANSI SERTA KAPASITANSI DENGAN MAXWELL INDUCTANCE, MAXWELL CAPACITANCE BRIDGE DAN ANDERSON BRIDGE DISERTAI PEMBUATAN RANGKAIAN BRIDGE PADA LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI SISTEM PERKAPALAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*
Program Studi S – 1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FIKRI ACHMANDA JULIAN AKNANTA
NRP. 4215 105 024

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:
I. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. (.....)

SURABAYA
Juli 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGUKURAN INDUKTANSI, RESISTANSI SERTA KAPASITANSI DENGAN MAXWELL INDUCTANCE, MAXWELL CAPACITANCE BRIDGE DAN ANDERSON BRIDGE DISERTAI PEMBUATAN RANGKAIAN BRIDGE PADA LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI SISTEM PERKAPALAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*
Program Studi S – 1 Departement Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

FIKRI ACHMANDA JULIAN AKNANTA

NRP. 4215 105 024

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ANALISA PENGUKURAN INDUKTANSI, RESISTANSI SERTA KAPASITANSI DENGAN MAXWELL INDUCTANCE, MAXWELL CAPACITANCE BRIDGE DAN ANDERSON BRIDGE DISERTAI PEMBUATAN RANGKAIAN BRIDGE PADA LABORATORIUM LISTRIK DAN OTOMASI SISTEM PERKAPALAN

Nama Mahasiswa : Fikri Achmanda Julian Aknanta

NRP. : 4215 105 024

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

Abstrak

Sebuah rangkaian Bridge merupakan jenis sirkuit listrik dimana dua cabang sirkuit yang biasanya dirangkai secara paralel satu sama lain yang dijembatani oleh cabang ketiga dihubungkan antara dua cabang pertama diberbagai titik menengah sepanjang rangkaian. Pada pengujian yang dilakukan kali ini metode yang digunakan yaitu maxwell inductance digunakan untuk mengukur nilai resistansi dan induktansi yang tidak diketahui dari suatu peralatan listrik, rangkaian jembatan maxwell wien digunakan untuk mengukur nilai induktansi serta kapasitansi sebuah peralatan listrik. Sedangkan rangkaian jembatan anderson digunakan untuk mengukur nilai induktansi. Cara pengujian dengan rangkaian ini dengan melakukan perakitan rangkaian jembatan bridge yang akan digunakan, pengambilan data beberapa kali dengan diberikan variasi hambatan pada salah satu lengannya, serta membuktikan, apakah jembatan yang akan digunakan sesuai dengan spesifikasi yang dijelaskan secara teoritis. Pada hasil pengujian didapatkan nilai induktansi dengan hasil yang bervariasi, serta presentase ketidaksesuaian (error) antara rangkaian bridge dan LCR meter, sebagai pembanding. Pada pengujian menggunakan maxwell inductance didapatkan nilai hasil pengukuran induktansi, sebesar $L = 0,288 \text{ H}$, $0,042 \text{ H}$, $0,02 \text{ H}$, $0,022 \text{ H}$, $4,02 \text{ H}$, $0,005 \text{ H}$. Pada rangkaian maxwell wien pengukuran induktansi, sebesar $L = 0,297 \text{ H}$, $0,042 \text{ H}$, $0,020 \text{ H}$, $1,00 \text{ H}$, dan $0,0049 \text{ H}$, sedangkan pada pengujian menggunakan rangkaian anderson, hasil pengukuran induktansi, sebesar $L = 0,054 \text{ H}$, $0,030 \text{ H}$, $0,023 \text{ H}$, $0,041 \text{ H}$, dan $0,0059 \text{ H}$. Setelah dilakukan pengujian pengukuran nilai induktansi menggunakan ketiga jenis bridge, didapatkan hasil bahwa maxwell inductance dapat digunakan sebagai pengukuran motor dengan daya 1PK-30 PK, maxwell wien bridge digunakan dalam pengukuran motor dalam skala menengah, sedangkan anderson hanya dapat digunakan pada pengukuran motor yang memiliki daya kecil hingga menengah

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

**ANALYSIS MEASUREMENT OF INDUCTANCE, RESISTANCE AND
CAPACITANCE WITH MAXWELL INDUCTANCE, MAXWELL
CAPACITANCE BRIDGE AND ANDERSON BRIDGE WITHIN MAKING
BRIDGE CIRCUIT ON MARINE ELECTRICAL AND AUTOMATION
SYSTEM LABORATORY**

Name: Fikri Achmanda Julian Aknanta
NRP. : 4215 105 024
Department : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

Abstract

A series of bridges is a type of electrical circuit in which two branches of circuits normally arranged in parallel to each other are bridged by a third branch connected between the first two branches at various midpoints along the circuit. In the test conducted this time the method used is maxwell inductance used to measure the value of resistance and unknown inductance of an electrical equipment, maxwell wien bridge circuit is used to measure the value of inductance and capsitansi an electrical equipment. Whereas the anderson bridge circuit is used to measure the inductance value. The way of testing with this circuit is by assembling the bridged bridge circuit to be used, collecting data several times with the variation of the resistance on one arm, and proving whether the bridge will be used in accordance with the theoretically described specifications. In the test results obtained inductance values with varying results, as well as percentage mismatch (error) between the bridge circuit and LCR meter, as a comparison. In the test using maxwell inductance obtained value of inductance measurement $L = 0,288 \text{ H}, 0,042 \text{ H}, 0,02 \text{ H}, 0,022 \text{ H}, 4,02 \text{ H}, 0,005 \text{ H}$. On maxwell circuit wien measurement of inductance, for $L = 0,297 \text{ H}, 0,042 \text{ H}, 0,020 \text{ H}, 1,00 \text{ H}, \text{ dan } 0,0049 \text{ H}$, whereas in the test using anderson circuit, the result of inductance measurement, $L = 0,054 \text{ H}, 0,030 \text{ H}, 0,023 \text{ H}, 0,041 \text{ H}, \text{ dan } 0,0059 \text{ H}$. After testing the measurement of inductance value using three types of bridge, obtained result that maxwell inductance can be used as motor measurement with power 1PK-30 PK, maxwell wien bridge used in motor measurement in medium scale , Whereas anderson can only be used on motor measurements that have small to medium power.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Penyayang atas segala rahmat dan hidayah – Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Pengukuran Induktansi, Resistansi Serta Kapasitansi Dengan Maxwell Inductance, Maxwell Capacitance Bridge dan Anderson Bridge Disertai Pembuatan Rangkaian Bridge Pada Laboratorium Listrik dan Otomasi Sistem Perkapalan” dengan baik dalam rangka memenuhi syarat pada Mata Kuliah Skripsi (ME141501) Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.

Adapun selama proses penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam melewati berbagai macam halangan dan rintangan, oleh karena itu tidak lupa penulis menyampaikan terima kasih khususnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kemudahan, keselamatan, dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tuagas Akhir ini.
2. Ibu, ayah, adik, Irayati Anggraini beserta keluarga besar tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan meterial demi tercapainya tugas akhir ini.
3. Bapak Dr.Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. dan Bapak Semin, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan selama proses penyusunan skripsi.
5. Teman – teman yang telah menyampaikan ilmu dan berbagai pengalaman selama penulis melaksanakan studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
6. Rekan-rekan seperjuangan Lintas Jalur angkatan 2015 yang telah berjuang bersama dalam menempuh studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
7. Seluruh member dan grader Laboraturium *Marine Electrical and Automation System* (MEAS) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih belum mencapai kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat menghargai kritik dan saran yang membangun demi adek kelas kami yang ingin kembali mengangkat permasalahan yang ada mengenai topik yang di angkat oleh penulis diwaktu mendatang. Dengan in, semoga skripsi yang disampaikan oleh penulis dapat memberikan sedikit ilmu yang bermanfaat bagi semua pihak utamanya pembaca.

Surabaya, 20 Juli 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	.....	i
PAGE TITTLE	.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	.....	v
LEMBAR PENGESAHAN	.....	vii
ABSTRAK	.....	ix
ABSTRACT	.....	xi
KATA PENGANTAR	.....	xii
DAFTAR ISI	.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	.....	xvii
DAFTAR TABEL	.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	.....	1
1.1 Latar Belakang	.....	1
1.2 Rumusan Masalah	.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	.....	3
1.4 Batasan Masalah	.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	.....	5
2.1. Pengukuran Dan Kesalahan	.....	5
2.2. Ketelitian Dan Ketepatan	.....	5
2.3. Jenis-Jenis Kesalahan	.....	5
2.3.1. Kesalahan-kesalahan Umum (<i>Gross Error</i>)	.....	5
2.3.2. Kesalahan-Kesalahan <i>Sistematis</i> (<i>systematic Error</i>)	.....	6
2.3.3. Kesalahan-Kesalahan Acak (<i>Random Errors</i>)	.....	6
2.4. <i>Bridge</i>	.....	7
2.5. <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	.....	8
2.6. <i>Maxwell-Wien Bridge</i> atau <i>Maxwell L/C Bridge</i>	.....	11
2.7. <i>Anderson Bridge</i>	.....	12
2.8. Syarat Keseimbangan Jembatan	.....	12
2.9. Kondisi Tidak Seimbang	.....	13
2.10. Arus	.....	13
2.11. Hambatan	.....	13
2.11.1. Pengertian	.....	13
2.11.2. Faktor yang Mempengaruhi Hambatan	.....	13
2.12. Hukum Ohm	.....	14
2.13. Impedansi	.....	15
2.14. Resistansi	.....	16
2.15. Induktansi	.....	17
2.15.1. Pengertian Induktansi	.....	17
2.16. Reaktansi	.....	18
3.16.1. Reaktansi Induktif	.....	18
3.16.2. Reaktansi Kapasitif	.....	18
BAB III METODE PENELITIAN	.....	21
3.1. Perumusan Masalah	.....	21

3.2. Studi Literatur	21
3.3. Pembuatan Alat	21
3.4. Pengumpulan Data	21
3.4.1. Peralatan Yang Digunakan	21
Analisa Data	17
3.5. Pengolahan Data	24
3.6. Analisa Data	24
3.7. Kesimpulan Dan Saran.....	24
3.8. Flow Chart	25
BAB IV PENGOLAH DATA DAN ANALISA	
4.1. Analisa Pengujian Induktansi Motor Induksi 3 Fasa- Samgar Tupai	29
4.1.1. Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	29
4.1.2. Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	33
4.1.3. Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	36
4.2. Analisa Pengujian Induktansi Motor Induksi 1 Fasa- Bifilar Wound	39
4.2.1. Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	39
4.2.2. Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	43
4.2.3. Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	46
4.3. Analisa Pengujian Induktansi Motor Induksi 1 Fasa- 1PK	49
4.3.1. Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	49
4.3.2. Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	53
4.3.3. Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	56
4.4. Analisa Pengujian Induktansi Generator 600 Va	59
4.4.1. Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	59
4.4.2. Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	62
4.4.3. Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	65
4.5. Analisa Pengujian Induktansi Motor Induksi 3 Fasa-30 Kw	69
4.5.1. Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	69
4.5.2. Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	72
4.5.3. Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	76
4.6. Analisa Pengujian Menggunakan Maxwell Inductance, Maxwell Wien Dan Anderson Bridge.	
4.6.1. Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	69
4.6.2. Rangkaian Maxwell Wien Bridge.....	72
4.6.3. Rangkaian Anderson Bridge.....	76
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	81
5.2. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

2.1	Rangkaian <i>Bridge</i>	7
2.2	Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	10
2.3	Rangkaian <i>Maxwell – Wien Bridge</i> atau <i>Maxwell L/C Bridge</i>	11
2.4	Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	12
3.1.	Panel <i>Circuit Bridge</i>	22
3.2.	<i>Function Generator</i>	22
3.3.	Multimeter	22
3.4.	LCR Meter	23
3.5.	Variabel Induktor	23
3.6.	Variabel Resistor.....	24
4.1.	Motor Induksi 3 Fasa Sangkar Tupai.....	29
4.2.	Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	29
4.3.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	32
4.4.	Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	33
4.5.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	35
4.6.	Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	36
4.7.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	38
4.8.	Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound.....	39
4.9.	Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	39
4.10.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	42
4.11.	Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	43
4.12.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	45
4.13.	Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	46
4.14.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	48
4.15.	Motor Induksi 1 Fasa 1PK.....	49
4.16.	Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	49
4.17.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	52
4.18.	Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	53
4.19.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	55
4.20.	Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	56
4.21.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	58
4.22.	Generator 600 Va.....	59
4.23.	Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	59
4.24.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	61
4.25.	Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	62
4.26.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	64
4.27.	Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	65
4.28.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	67
4.29.	Motor Induksi 3 Fasa 30 kW	69
4.30.	Rangkaian <i>Maxwell Inductance Bridge</i>	69
4.31.	Prosentase Nilai Error Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	71

4.32. Rangkaian <i>Maxwell Wien Bridge</i>	72
4.33. Prosentase Nilai Eror Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	75
4.34. Rangkaian <i>Anderson Bridge</i>	76
4.35. Prosentase Nilai Eror Antara LCR dan Rangkaian <i>Bridge</i>	78

DAFTAR TABEL

4.1. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa Sangkar Tupai	30
4.2. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa Sangkar Tupai.....	33
4.3. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa Sangkar Tupai.....	36
4.4. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound	40
4.5. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound	43
4.6. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound	46
4.7. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa 1PK	50
4.8. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa 1PK	53
4.9. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa 1PK	56
4.10. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Generator 600 Va	60
4.11. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Generator 600 Va	63
4.12. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Generator 600 Va	66
4.13. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa 30 kW	70
4.14. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa 30 kW	73
4.15. Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa 30 kW	76

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan teknologi pengukuran induktansi, resistansi, kapasitansi, dan impedansi. Dalam dunia industri, marine, *offshore*, dan *onshore*, yang sekarang semakin pesat perkembangannya, juga menggunakan alat tersebut. Dalam hal ini penulis tertarik dalam mengangkat permasalahan di dalam teknologi tersebut, dalam Tugas Akhir. Pada prinsipnya alat ukur memiliki beberapa skala yang umumnya terdapat pada panel instrument tersebut. Dengan kata lain bahwa alat ukur konvensional memiliki skala batas atas dan batas bawah yang dimaksudkan untuk mengatur nilai yang akan di ukur. Jika tidak diberikannya skala dalam alat ukur, maka alat tersebut tidak dapat membaca nominal dari suatu alat listrik, instrument, atau objek lain yang akan diukur.

Dalam dunia perkuliahan atau industri telah dikenal beberapa alat ukur yang digunakan dalam proses pengukuran suatu nilai yang tidak diketahui, mulai dari yang bersifat digital maupun analog contohnya seperti, multimeter, clampmeter (tang meter), galvanometer, capacitance meter, inductance meter, LCR meter, dan lain sebagainya. Metode tersebut merupakan pengukuran yang umum dan biasa dilakukan, akan tetapi pada objek tertentu alat ukur yang biasanya digunakan akan mengalami kesulitan dalam membaca suatu nilai yang tidak diketahui, ini terjadi dikarenakan alat ukur memiliki batas atas maupun batas bawah dimana alat tersebut dapat mengukur suatu nilai. Dalam hal ini pengukuran suatu nilai dapat dilakukan dengan menggunakan metode lain yaitu, *Bridge*.

Sebuah rangkaian *Bridge* merupakan jenis sirkuit listrik dimana dua cabang sirkuit yang biasanya dirangkai secara paralel satu sama lain yang dijembatani oleh cabang ketiga dihubungkan antara dua cabang pertama diberbagai titik menengah sepanjang rangkaian. Jembatan ini pada awalnya dikembangkan untuk tujuan pengukuran peralatan yang biasa ada dilaboratorium. Sirkuit *Bridge* sekarang telah banyak digunakan pada berbagai aplikasi, hal ini dikarenakan pengukuran dan ketelitian dapat diperoleh dengan menggunakan rangkaian *Bridge*, antara lain dapat mengukura nilai tahanan, induktansi, kapasitansi, baik pada keadaan stedi maupun transien. Metode bridge banyak digunakan dalam suatu pengukuran yang membutuhkan ketelitian yang lebih. Dalam perkembangannya berbagai macam jenis bridge telah dikembangkan dalam rangka untuk mengetahui dan untuk pengukuran suatu nilai yang tidak diketahui. Pada dunia industri dan pendidikan, beberapa jenis bridge telah digunakan, seperti yang umum digunakan yaitu jembatan wheatstone yang digunakan dalam pengukuran suatu nilai resistansi, schering yang digunakan dalam pengukuran kapasitansi, maxwell yang digunakan dalam pengukuran induktansi. Dan jenis-jenis lainnya.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

1.2 Perumusan Masalah

Dari perumusan masalah diatas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rangkaian dan sirkuit *bridge*?
2. Bagaimana *bridge* dapat digunakan sebagai alat pengukuran yang tepat, pada Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound, Induksi 3 Fasa- Sangkar Tupai, induksi 1 fasa-1PK, Generator 600 Va dan Motor Induksi 3 Fasa-30 kW ?

1.3 Tujuan Skripsi

Dari permasalahan yang dikemukakan, adapun tujuan dari tugas akhir ini, sebagai berikut :

1. Membuat rangkaian dan sirkuit *bridge*
2. Mengetahui apakah *bridge* dapat digunakan sebagai alat pengukuran yang tepat. Pada Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound, Induksi 3 Fasa- Sangkar Tupai, induksi 1 fasa-1PK, Generator 600 Va dan Motor Induksi 3 Fasa-30 kW

1.4 Batasan Masalah

Untuk dapat terperinci dan fokus pada suatu masalah yang di angkat penulis maka dengan ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Pengujian yang dilakukan hanya menggunakan metode *Maxwell inductance, Maxwell Capacitance dan Anderson Bridge*.
2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan rangkaian dan sirkuit yang sudah dirancang.
3. Hanya melakukan pengujian *bridge* yang ada di laboratorium Listrik dan otomasi sistem perkapalan.
4. Hanya menggunakan Multitester dan LCR meter, sebagai pembanding.
5. Pengujian hanya dilakukan dengan menggunakan arus AC.
6. Pengujian dilakukan dengan variasi beban yang telah ditentukan.
7. Tidak menggunakan tegangan yang berasal dari PLN.

1.5 Manfaat Penelitian

Tugas akhir yang di lakukan mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa/penyusun
Menambah pengetahuan tentang pengaruh penambahan lilitan serta kapasitor dalam hasil pengukuran.
2. Bagi institusi
Hasil tugas akhir ini bisa menjadi literatur / referensi untuk pengembangan tugas akhir selanjutnya. Serta dapat digunakan sebagai metode praktikum selanjutnya di Lab Listrik Kapal
(*Marine Electrical and Instrumentation System*).

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengukuran Dan Kesalahan

Umumnya, di didalam pengukuran dibutuhkan instrumentasi sebagai suatu cara fisis untuk menentukan suatu besaran (kuantitas) atau variabel. Instrument tersebut membantu meningkatkan keterampilan manusia dan dalam banyak hal memungkinkan seseorang untuk menentukan nilai dari suatu besaran yang tidak diketahui. Tanpa bantuan instrumen tersebut, manusia tidak dapat menentukannya. Dengan demikian, sebuah nilai atau besaran dari suatu kuantitas atau variabel. Instrument elektronik, yang namanya diambil dari kata “elektronik” yang terkandung didalamnya, didasarkan pada prinsip-prinsip listrik atau elektronika dalam pemakaiannya sebagai alat ukur elektronik. Sebuah instrumen elektronik dapat berupa sebuah alat yang konstruksinya sederhana dan relatif tidak rumit seperti halnya sebuah alat ukur dasar untuk arus searah. Dalam pengukuran digunakan sejumlah istilah yang menyatakan suatu hasil atau analisa dari pengukuran yang dilakukan, seperti. Instrument, Ketelitian, sensitivitas, kesalahan (error), dll.

Beberapa cara dapat dilakukan untuk memperkecil efek kesalahan-kesalahan ini. Misalnya, untuk memperoleh pengukuran yang tepat, disarankan agar melakukan beberapa kali pengamatan dan bukan hanya mengandalkan satu pengamatan. Cara lain, disamping menggunakan instrumen-instrumen yang berbeda untuk untuk pengukuran yang sama. (William D. Cooper, 1985)

2.2. Ketelitian dan ketepatan

Ketelitian menyatakan tingkat kesesuaian atau dekatnya suatu hasil pengukuran terhadap harga yang sebenarnya, sedangkan ketepatan menyatakan suatu tingkat kesamaan di dalam sekelompok pengukuran atau sejumlah instrument.

2.3. Jenis – Jenis Kesalahan

Tidak ada pengukuran yang menghasilkan ketelitian yang sempurna, tetapi adalah penting untuk mengetahui ketelitian yang sebenarnya dan bagaimana kesalahan yang berbeda digunakan dalam pengukuran. Langkah pertama yang diperlukan untuk menguranginya adalah dengan mempelajari kesalahan-kesalahan tersebut. Dimana dari hal ini juga dapat ditentukan ketelitian hasil akhir. Pada umumnya kesalahan yang sering timbul yaitu:

2.3.1. Kesalahan-Kesalahan Umum (*Gross Errors*)

Kebanyakan kesalahan ini disebabkan oleh kesalahan manusia (*Human error*), diantaranya kesalahan pembacaan alat ukur, penyetyelan yang tidak tepat dan pemakaian instrumen yang tidak tepat dan pemakaian instrumen yang tidak sesuai, serta kesalahan penafsiran. Selama manusia terlibat dalam pengukuran, kesalahan jenis ini tidak dapat dihindari. Namun, walaupun kesalahan jenis ini tidak dapat dihilangkan secara keseluruhan. Usaha untuk mencegah dan

memperbaikinya perlu dilakukan. Beberapa kesalahan umum dapat mudah diketahui tetapi yang lainnya mungkin sangat tersembunyi.

Kesalahan umum yang sering dilakukan oleh pemula adalah pemakaian instrumen yang tidak sesuai. Umumnya instrumen-instrumen penunjuk berubah kondisi sampai batas tertentu setelah digunakan mengukur sebuah rangkaian yang lengkap, dan akibatnya besaran yang diukur akan berubah.

2.3.2. Kesalahan-Kesalahan Sistematis (*Systematic Errors*)

Kesalahan ini disebabkan oleh kekurangan-keurangan yang ada pada instrumentasi itu sendiri, seperti kerusakan atau adanya bagian-bagian yang aus dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan atau pemakai. Dalam kesalahan ini juga biasanya dibagi dalam dua bagian :

1. Kesalahan – kesalahan Instrumental
2. Kesalahan – kesalahan Lingkungan

Kesalahan Instrumental merupakan kesalahan yang tidak dapat dihindarkan dari instrumentasi karena struktur mekanisnya. Misalnya, tarikan pegas yang tidak teratur, brush yang sudah aus, dll. Jenis kesalahan instrumental lainnya adalah kesalahan kalibrasi yang mengakibatkan pembacaan instrument yang terlalu tinggi atau terlalu rendah sepanjang seluruh skala. Kesalahan – kesalahan instrumental terdiri dari beberapa macam bergantung pada jenis instrumentasi yang digunakan. Yang selalu diperhatikan adalah memastikan bahwa instrumen yang digunakan tersebut bekerja baik dan tidak menambah kesalahan –kesalahan lainnya. Kesalahan pada instrumen dapat diketahui dengan melakukan pemeriksaan terhadap tingkah laku yang tidak biasa terjadi, terhadap kestabilan dan terhadap kemampuan instrumen untuk memberikan hasil pengukuran yang sama. Suatu cara yang cepat dan mudah untuk memeriksa instrumen tersebut adalah membandingkannya terhadap instrumen lain yang memiliki karakteristik yang sama atau terhadap suatu alat ukur yang diketahui lebih akurat (teliti).

Kesalahan – kesalahan karena lingkungan disebabkan oleh keadaan luar yang mempengaruhi alat ukur termasuk keadaan – Keadaan di sekitar instrumen seperti: efek perubahan temperatur, kelembaban, tekanan udara luar atau medan – medan magnetik atau medan elektrostatis. Dengan demikian, suatu perubahan pada temperatur sekeliling instrumen menyebabkan perubahan sifat – sifat kekenyalan pegas yang terdapat didalam mekanisme kumparan putar, yang demikian ini mempengaruhi pembacaan instrumen.

2.3.3. Kesalahan – Kesalahan Acak (*Random Errors*)

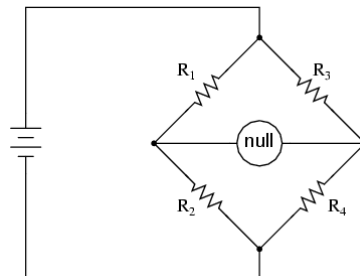
Kesalahan – kesalahan ini dapat diakibatkan oleh penyebab – penyebab yang tidak diketahui dan terjadi walaupun semua kesalahan – kesalahan sistematis telah diperhitungkan. Kesalahan – kesalahan ini biasanya hanya kecil pada percobaan/pengukuran yang telah direncanakan secara baik, tetapi menjadi penting pada pekerjaan – pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi. Misalkan suatu tegangan akan diukur oleh sebuah voltmeter yang dibaca setiap setengah jam. Walaupun instrument dioperasikan pada kondisi – kondisi

lingkungan yang sempurna dan telah dikalibrasikan secara tepat sebelum pengukuran, akan diperoleh hasil – hasil pembacaan yang sedikit berbeda selama periode pengamatan. Perubahan ini tidak dapat dikoreksi dengan cara kalibrasi apapun dan juga oleh cara pengontrolan yang ada. Cara satu – satunya untuk membetulkan kesalahan ini adalah dengan menambah jumlah pembacaan dan menggunakan cara-cara statistik untuk mendapatkan pendekatan paling baik terhadap nilai yang sebenarnya

2.4. Bridge

Banyak peralatan listrik atau alat yang dalam pengoperasiannya bergantung pada prinsip listrik dasar, dan hampir semua sistem pengumpulan, transmisi dan analisa data bergantung pada alat elektronik. Dalam hal ini bisa dicontohkan seperti, pengukuran nilai resistansi, kapasitansi, induktansi, Rpm, pengukuran arus, pengukuran tegangan, dan lain sebagainya. Dalam perkembangannya pemeriksaan peralatan listrik terus mengalami kemajuan, termasuk dalam pengukuran nilai- nilai yang ingin diketahui. Pengukuran dan ketelitian dapat ditingkatkan dengan menggunakan apa yang dinamakan rangkaian jembatan (*bridge circuit*), yang digunakan pada berbagai penerapan untuk pengukur tahanan, induktansi, dan kapasitansi, baik pada keadaan stedi maupun keadaan transien. Kemampuan untuk mengukur besaran-besaran listrik secara teliti itu merupakan suatu hal yang sangat penting. (Holman, JP, 1984).

Cara ini juga dapat digunakan pada DC dan AC, kita bisa menerapkan prinsip yang sama untuk mendapatkan pengukuran yang akurat dari nilai impedansi yang tidak diketahui. Untuk meninjau, rangkaian Bridge bekerja sebagai sepasang pembagi tegangan dua komponen terhubung di tegangan sumber yang sama, dengan gerakan meter nol-detektor dihubungkan antara mereka untuk menunjukkan kondisi "keseimbangan" nol volt:



Gambar 2.1 Rangkaian Bridge

Sumber: (www.Google.com)

Sebuah bridge dikatakan seimbang jika menunjukkan "null", atau terbaca minimum, pada indikator. Salah satu dari empat resistor pada rangkaian bridge di atas dapat menjadi resistor yang tidak diketahui nilainya, dan nilainya dapat ditentukan dengan menggunakan rasio dari ketiga resistor lainnya, yang "dikalibrasi," atau nilai resistensi diketahui. Ketika *Bridge* ini dalam kondisi seimbang (tegangan nol seperti yang ditunjukkan oleh detektor nol), rasio dapat menjadi seperti:

Dalam Keadaan Seimbang :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \dots(1)$$

Salah satu keuntungan menggunakan rangkaian *bridge* adalah untuk mengukur nilai resistensi bahwa tegangan dari sumber listrik tidak seimbang. Ini menunjukkan bahwa, semakin tinggi tegangan suplai, maka akan semakin mudah untuk mendeteksi kondisi ketidakseimbangan antar empat resistor dengan detektor nol, dan dengan demikian lebih sensitif dan akan menjadi. Sebuah tegangan suplai lebih besar mengarah ke kemungkinan tingkat keakurasian pengukuran. Namun, tidak akan ada kesalahan mendasar diperkenalkan sebagai akibat dari listrik tegangan *supply* yang lebih rendah atau lebih besar, tidak seperti jenis lain dari skema pengukuran resistansi.

Bridge impedansi bekerja dengan cara yang sama, hanya saja persamaan keseimbangan yang sama dengan jumlah yang kompleks, baik sebagai besarnya dan fase seluruh komponen dari dua pembagi harus sama agar detektor nol untuk menunjukkan nilai "nol". "nol detektor, tentu saja, perangkat yang harus mampu mendeteksi tegangan AC sangat kecil. Osiloskop sering digunakan untuk ini, meskipun gerakan meter elektromekanik sangat sensitif dan bahkan *headphone* (speaker kecil) dapat digunakan jika frekuensi sumber masih dalam rentang audio.

2.5. Maxwell Inductance Bridge

Sebuah rangkain *Maxwell Bridge* merupakan alat yang digunakan sebagai pengukuran induktansi dalam skala menengah dan dapat diatur untuk mendapatkan hasil yang akurat. Seperti yang ditunjukkan dalam gambar. 1.2, dalam dua lengan ada dua resistansi tetap sehingga untuk hubungan keseimbangan, keseimbangan fasa tergantung pada dua lengan yang terpisah. Jika kumparan dari impedansi diketahui sebagai Z_1 yang terletak di satu lengan maka sudut fasa positif θ_1 diperbolehkan dalam salah satu, mengikuti dua cara berikut:

1. Impedansi dikenal dengan sudut fasa positif yang sama dapat digunakan dalam salah satu lengan yang berdekatan (sehingga $\theta_1 = \theta_3$ atau $2 = \theta_4$), sisa dua lengan memiliki sudut fasa nol (menjadi resistansi tetap) seperti rangkaian yang dikenal sebagai a.c. *Maxwell Bridge* atau *L₁ / L₄ Bridge*.
2. Atau impedansi dengan sudut fasa negatif yang sama (kapasitansi) dapat digunakan di lengan berlawanan (sehingga $\theta_1 + \theta_3 = 0$). Sehingga rangkaian ini dikenal dengan *Maxwell Wien* (Gambar. 1.3) atau *Maxwell L/C Bridge*

Oleh karena itu, disimpulkan bahwa impedansi induktif dapat diukur dari segi impedansi induktif lain (waktu konstan yang sama) baik yang berdekatan lengan (*Maxwell Bridge*) atau nilai impedansi induktif yang tidak diketahui dapat diukur dengan kombinasi dari resistansi dan kapasitansi di lengan yang berlawanan (*Maxwell-Wien Bridge*). Bagaimanapun ini penting, bahwa dalam setiap kasus konstanta-waktu dua impedansi harus disamakan.

Seperti yang disampaikan pada pengertian di atas. Menurut (William D. Cooper, 1985) mengatakan bahwa jembatan Maxwell terbatas pada pengukuran kumparan dengan Q menengah ($1 < Q < 10$). Idni dapat ditunjukkan dengan memperhatikan syarat setimbang kedua yang menyatakan bahwa jumlah sudut fasa

satu pasang lengan yang berhadapan harus sama dengan jumlah sudut-sudut fasa pasangan lainnya. Karena sudut fasa dari elemen-elemen resistif dalam lengan 2 dan 3 berjumlah 0^0 , jumlah sudut-sudut engan 1 dan lengan 4 juga harus berjumlah 0^0 .

Jembatan Maxwell juga tidak sesuai untuk pengukuran kumparan dengan nilai Q yang sangat rendah ($Q < 1$) karena masalah kesetimbangan. Sebagai contoh nilai Q yang sangat rendah terdapat dalam tahanan induktif atau dalam kumparan frekuensi radio (RF) jika diukur pada frekuensi rendah.

Prosedur yang biasanya digunakan untuk menyetimbangkan jembatan Maxwell adalah dengan pertama-tama mengatur R (yang divariabelkan) untuk kesetimbangan induktif dan kemudian mengatur R (yang satu lengan dengan induksi) untuk kesetimbangan resistif. Kembali ke pengaturan R (variabel) ternyata bahwa kesetimbangan resistif telah terganggu dan berpindah ke suatu nilai baru. Proses ini diulangi dan memberikan pemusatan yang lambat ke kesetimbangan akhir. Untuk kumparan-kumparan Q menengah, efek tahanan tidak dinyatakan, dan kesetimbangan tercapai melalui beberapa pengaturan.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 1.2, $Z_1 = R_1 + jX_1 = R_1 + j\omega L_1, \dots$ (tidak diketahui); $Z_4 = R_4 + jX_4 = R_4 + j\omega L_4, \dots$ (diketahui), $R_2, R_3 =$ diketahui sebagai resistansi tetap.

Induktansi L_4 merupakan variabel induktansi sendiri dari resistansi tetap, induktansi ini sama dengan L_1 . Rangkaian *Bridge* akan seimbang dengan memvariasikan L_4 dan salah satu resistansi R_2 atau R_3 . Alternatif lain R_2 dan R_3 dapat tetap dibiarkan konstan dan resistansi salah satu dari dua lengan lainnya dapat divariasikan dengan menghubungkan resistansi tambahan di lengannya.

Kondisi seimbang jika $Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$

$$(R_1 + j\omega L_1) R_3 = (R_4 + j\omega L_4) R_2 \quad \dots(2)$$

Menyamakan bagian yang nyata dan imajiner di kedua sisi, yang dimiliki.

$$R_1 R_3 = R_2 R_4 \text{ atau } R_1 / R_4 = R_2 / R_3 \quad \dots(3)$$

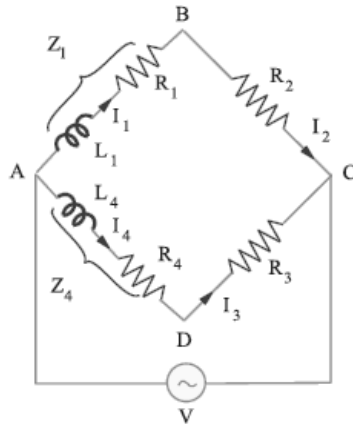
(i.e. Produk resistansi dari lengan yang berlawanan adalah sama), Dan

$$\omega L_1 R_3 = \omega L_4 R_2 \text{ atau } L_1 = L_4 \frac{R_2}{R_3} \quad \dots(4)$$

$$\text{dapat juga ditulis dengan } L_1 L_4 \frac{R_1}{R_4} \quad \dots(5)$$

$$\text{atau } \frac{L_1}{R_1} = \frac{L_4}{R_4} \quad \dots(6)$$

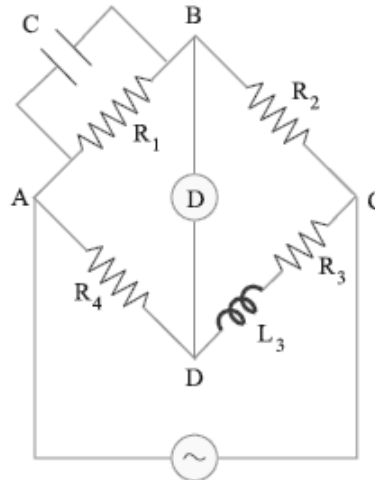
(i.e waktu konstan dari dua coil yang sama)



Gambar 2.2 Rangkaian *Maxwell's Inductance Bridge*

(Sumber: *Electrical Technology* by Theraja).

2.6. Maxwell – Wien Bridge atau Maxwell L/C Bridge



Gambar 2.3 Rangkaian Maxwell's Induktance Capacitance Bridge

(Sumber: *Electrical Technology by Theraja*).

Mengacu pada Gambar. 1.2, sudut fase positif dari impedansi induktif dapat dikompensasi dengan sudut fase negatif dari impedansi kapasitif dimasukkan ke dalam lengan yang berlawanan. Nilai induktansi yang tidak diketahui kemudian dapat diketahui dalam hal kapasitansi ini.

Menemukan impedansi gabungan dari lengan 1.

$$\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{-jX_c} = \frac{1}{R_1} + \frac{j}{X_c} = \frac{1}{R_1} + j\omega C = \frac{1+j\omega CR_1}{R_1} \quad \dots(7)$$

$$\text{Jadi } Z_1 = \frac{R_1}{1+j\omega CR_1}; Z_2 = R_2 \quad \dots(8)$$

$$Z_3 = R_3 + j\omega L_3 \quad Z_4 = R_4 \quad \dots(9)$$

Kondisi seimbang jika $Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$

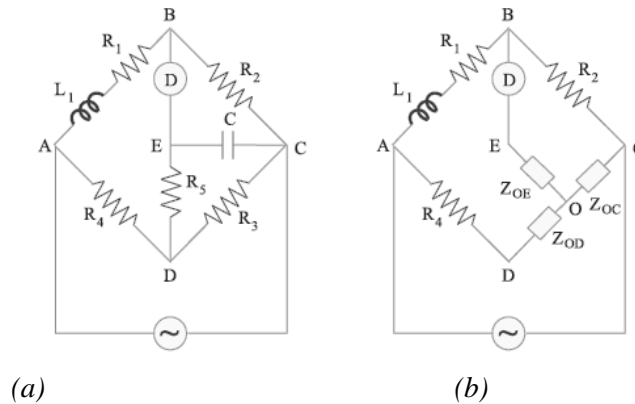
$$\text{Atau } \frac{R_1(R_3 + j\omega L_3)}{1 + j\omega CR_1} = R_2 R_4 \quad \text{atau} \quad R_1 R_3 + j\omega L_3 R_1 = R_2 R_4 + j\omega CR_1 R_2 R_4 \quad \dots(10)$$

Memisahkan yang nyata dan imajiner, sehingga didapat

$$R_1 R_3 = R_2 R_4 \quad \text{dan} \quad L_3 R_1 = CR_1 R_2 R_4; \quad R_3 \frac{R_2 R_4}{R_1} \quad \text{dan} \quad L_3 = CR_2 R_4 \quad \dots(11)$$

2.7. Anderson bridge

Rangkaian ini merupakan modifikasi yang sangat penting dan berguna dari *Maxwell-Wien Bridge*. Dalam metode ini, induktansi diketahui dari kapasitansi dan resistansi yang nilainya diketahui. Seperti yang di tunjukan pada Gambar 1.4 .



Gambar 2.4 Rangkaian Anderson Bridge

(Sumber: *Electrical Technology by Theraja*).

Kondisi seimbang dari jembatan ini dapat dengan mudah diperoleh dengan mengubah hubungan dari impedansi C, R5 dan R3 ke bintang yang setara dengan bintang titik 0 dengan transformasi Δ / Y seperti yang terlihat pada Gambar 1.4. (b).

$$Z_{OD} = \frac{R_3 R_5}{R_3 + R_5 + j\omega C}; Z_{OC} = \frac{R_3 / j\omega C}{R_3 + R_5 + j\omega C} Z_3 \quad \dots(12)$$

dengan referensi Gambar 1.4 (b) dapat dilihat bahwa

$$Z_1 = (R_1 + j\omega L_1); Z_2 = R_2; Z_3 = Z_{OC} \text{ dan } Z_4 = R_4 + Z_{OD} \quad \dots(13)$$

Untuk Keseimbangan $Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$ Jadi $(R_1 + j\omega L_1) Z_{OC} = R_2 (R_4 + Z_{OD})$

$$\dots(14)$$

$$\text{Jadi } (R_1 + j\omega L_1) \frac{R_3 C}{R_3 + R_5 + j\omega C} = R_2 R_4 \frac{R_3 R_5}{R_3 + R_5 + j\omega C} \quad \dots(15)$$

$$\text{Penyederhanaan lebih lanjut mengarah ke } R_2 R_3 R_4 \quad R_2 R_3 R_5 + j \frac{R_2 R_4}{C} R_2 R_3 R_5 + j \frac{R_2 R_4}{C} \frac{R_1 R_3}{C} + j \frac{R_3 L_1}{C} \quad \dots(16)$$

$$\text{Jadi } \frac{j R_2 R_4}{C} \frac{R_1 R_3}{C} + \frac{j R_1 R_3}{C} \text{ atau } R_1 R_2 R_4 / R_3 \quad \dots(17)$$

$$\text{Juga } \frac{R_3 L_1}{C} R_2 R_3 R_5 \quad R_2 R_3 R_5 \quad R_2 R_3 R_5, \text{ Jadi } L_1 = C R_2 R_4 + R_5 + \frac{R_4 R_5}{R_3} \quad \dots(18)$$

2.8. Syarat-Syarat kesetimbangan Jembatan

Jembatan arus bolak-balik merupakan perluasan wajar dari jembatan arus searah dan dalam bentuk dasarnya terdiri dari empat lengan jembatan, sumber eksitasi, dan sebuah detektor nol. Sumber daya menyalurkan suatu tegangan bolak-balik ke jembatan pada frekuensi yang diinginkan. Untuk pengukuran pada frekuensi rendah, antara sumber daya (*Power Line*) dapat berfungsi sebagai sumber

eksitasi. Pada frekuensi yang lebih tinggi, sebuah osilator umumnya menyalurkan tegangan eksitasi. Detektor nol harus memberi tanggapan terhadap ketidakseimbangan arus-arus bolak-balik dan dalam bentuk yang paling sederhana (tetapi sangat efektif).

2.9. Kondisi Tidak Seimbang

Kadang-kadang terjadi bahwa sebuah jembatan arus bolak-balik tidak dapat diseimbangkan sama sekali hanya karena salah satu persyaratan setimbang yang telah ditetapkan tidak terpenuhi.

2.10. Arus

Banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam rangkaian listrik tiap satuan waktu. Arus listrik terdiri dari muatan-muatan yang bergerak dari suatu daerah ke daerah lainnya. Bila gerak ini berlangsung di dalam sebuah lintasan konduksi yang membentuk sebuah simpul tertutup, maka lintasan itu dinamakan rangkaian listrik.

Pada dasarnya, rangkaian listrik adalah sarana untuk menghantarkan suatu energi dari suatu tempat ke tempat lain. Sewaktu partikel bermuatan bergerak di dalam sebuah rangkaian, maka energi potensial listrik dipindahkan dari sebuah sumber (seperti aki atau generator) ke sebuah alat tempat energi tersebut disimpan atau dikonversi ke dalam bentuk energi lain (Hugh D Young & Roger A Freedman, 2001, p. 134).

2.11. Hambatan

2.11.1 Pengertian

Dalam fisika, hambatan adalah ukuran dari kecenderungan bahan untuk menahan aliran arus listrik. Resistensi tergantung pada sifat bahan, ketebalan dan panjangnya, dan suhu. Zat yang rendah hambatan, seperti logam, yang merupakan konduktor yang baik, dan bahan yang tinggi hambatan, seperti plastik dan karet, yang merupakan isolator. Ketika arus listrik menemui hambatan, bagian dari energi diubah menjadi panas, dan kadang-kadang cahaya, mengurangi arus. Fenomena ini bisa menjadi masalah, tetapi juga memiliki banyak kegunaan.

2.11.2 Faktor yang Mempengaruhi Hambatan

Hambatan dapat dianggap sebagai kebalikan dari konduktivitas, dan faktor yang paling penting dalam konduktivitas adalah komposisi bahan. Arus listrik terdiri dari aliran elektron, dan hambatan ditemui pada saat bertemu atom. Logam memiliki banyak elektron longgar yang memungkinkan arus mengalir dengan mudah, sedangkan non-logam tidak. Cairan yang mengandung ion – misalnya larutan garam, atau garam cair – juga konduktor yang baik, atom bermuatan listrik dan molekul memungkinkan arus mengalir.

Dalam kawat atau kabel, ketebalan dan panjang juga berperan. Hambatan meningkat seiring bertambahnya panjang, karena ada banyak atom untuk bertemu, namun menurun terhadap ketebalan, seperti dalam kawat tebal ada elektron lebih yang tersedia untuk membawa arus. Hal ini juga meningkat

dengan meningkatnya suhu. Semakin rendah konduktivitas bahan, semakin tinggi tegangan, atau gaya gerak listrik, diperlukan untuk membuat aliran arus melalui itu.

a. Hambatan Kawat

Nilai hambatan sebuah kawat ditentukan oleh hambat jenis kawat (ρ), panjang kawat (l) dan luas penampang kawat (A). Besarnya hambatan berbanding lurus dengan panjang dan berbanding terbalik dengan luas penampang. Pernyataan ini tertuang dalam hukum Pouillet yang ditemukan oleh Claude Pouillet, seorang fisikawan asal negara Prancis.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \dots(19)$$

b. Panjang (l)

Apabila menggunakan kawat yang memiliki panjang. Maka hambatannya akan semakin besar karena muatan positif semakin besar. Hal ini menyebabkan terjadinya penghambatan sehingga kuat arus akan lebih kecil dan dapat mengganggu distribusi tegangan serta arus.

c. Luas Penampang Kawat

Luas penampang berbanding terbalik dengan hambatan yang terdapat pada kawat. Apabila luas penampang itu kecil, maka hambatan kawat akan semakin besar.

d. Jenis Hambatan Kawat

Dari setiap kawat sudah ditentukan seberapa besar hambatannya. Apabila digunakan kawat yang menghasilkan hambatan besar, maka kuat arus listrik akan semakin kecil dialirkan.

Berdasarkan rumus diatas, dapat dinyatakan bahwa sebuah kawat (dari jenis yang sama) yang lebih panjang memiliki hambatan listrik yang lebih besar dan sebuah kawat dengan luas penampang lebih besar memiliki hambatan yang lebih kecil.

2.12. Hukum Ohm

Hubungan antara hambatan, arus dan tegangan dikenal sebagai hukum Ohm, dinamai fisikawan Jerman Georg Ohm (1789-1854), yang mendapat penghargaan dengan menemukan efek dari bahan, panjang dan ketebalan pada jumlah arus yang akan mengalir melalui itu pada tegangan yang diberikan. Satuan ohm juga dinamai menurut namanya. Hukum ohm, dalam bentuk biasa, menyatakan bahwa arus listrik adalah sama dengan tegangan dibagi dengan hambatan. Persamaan fisika biasanya menggunakan huruf dan simbol untuk mengekspresikan hubungan; Hukum Ohm biasanya ditulis dengan:

$$I = \frac{V}{R} \quad \dots(20)$$

Dimana : I: kuat Arus, Ampere (A).
V: Tegangan, Volt (V)

R: Hambatan, Ohm (Ω).

Penerapan hukum Ohm merupakan sesuatu yang paling mendasar saat kita belajar elektronika. Dengan mengacu pada hukum Ohm dapat dilakukan perhitungan-perhitungan lanjut untuk merancang sebuah rangkaian berdasarkan rumus diatas.

Pada prinsipnya bridge merupakan alat yang mengadopsi hukum Kirchoff. Yang mana disebutkan bahwa

Hukum Kirchoff I

Pertengahan abad 19, Gustav Robert Kirchoff (1824-1887) menemukan suatu cara untuk menentukan arus listrik pada rangkaian bercabang yang kemudian dikenal dengan hukum kirchoff yaitu, “ Jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan.” (Bueche, Fredick J. Dan Eugene Hecht. 2006). Yang dapat disimpulkan Jumlah I (Arus) masuk = I (Keluar).

Hukum Kirchof II

Hukum Kirchoff II berbunyi, “Dalam rangkaian tertutup, jumlah aljabar GGL (E) dan jumlah penurunan potensial sama dengan nol.”

Maksud dari jumlah penurunan potensial sama dengan nol adalah tidak adanya energi listrik yang hilang dalam rangkaian tersebut atau dalam arti semua energi bisa digunakan atau diserap.

Jika konduktor pengalir arus ditempatkan dalam medan magnet dihasilkan gaya pada konduktor yang cenderung menggerakkan konduktor itu dalam arah tegak lurus medan. Prinsip ini digunakan dalam instrument pendeteksi arus. Instrument pendeteksi arus yang peka disebut galvanometer. (Lister, 1993).

Galvanometer merupakan instrument sangat peka dan dapat mengukur arus yang sangat lemah. Galvanometer terdiri atas sebuah komponen kecil berilitan banyak yang ditempatkan dalam sebuah medan magnet begitu rupa sehingga garis-garis medan akan menimbulkan kopel pada kumparan apabila melalui kumparan ini ada arus. (Flink, 1985)

Di dalam teori pengukuran listrik yang dimaksudkan dengan pengukuran Galvano yaitu suatu instrument yang dipergunakan untuk memperlihatkan arus yang lemah. Untuk menyatakan dengan jelas kadang-kadang dipisahkan juga untuk instrument-instrumen yang peka (sensitif), yang banyak dipakai di laboratorium dan terutama sistem jembatan yang banyak kita jumpai. (Suryatmo, 1974).

2.13. Impedansi

Impedansi (disebut juga hambatan dalam, Z) adalah nilai resistansi yang terukur pada kutub kutub sinyal jack alat elektronik. Semakin besar hambatan/impedansi, makin besar tegangan yang dibutuhkan. Impedansi tidak dapat dikatakan sebagai hambatan secara spontan. Karena terdapat perbedaan yang mendasar dari keduanya. Beberapa sumber mengatakan bahwa impedansi merupakan hasil reaksi hambatan (R, resistensi) dan kapasitas elektron (C, capacitance) secara bersamaan. Daya merupakan tegangan kuadratnya dibagi impedansinya:

$$P = V^2 / Z \quad \dots(21)$$

Dimana : P = daya (watt)
 V = tegangan (volt)
 Z = impedans (ohm)

Impedansi listrik, atau lebih sering disebut impedansi, menjelaskan ukuran penolakan terhadap arus bolak-balik sinusoidal. Impedansi listrik memperluas konsep resistansi listrik ke sirkuit AC, menjelaskan tidak hanya amplitudo relatif dari tegangan dan arus, tetapi juga fase relatif. Bila sebuah beban diberi tegangan, impedansi dari beban tersebut akan menentukan besar arus dan sudut fase yang mengalir pada beban tersebut. Faktor daya merupakan petunjuk yang menyatakan sifat suatu beban.

Impedansi → Jumlah Hambatan Secara Vektor Pd Rangkaian Arus Bolak – Balik / AC.

$$1. \text{ Impedansi Rangkaian Seri R \&L : } Z = \sqrt{R^2 + XL^2} \quad \dots(22)$$

$$2. \text{ Impedansi Rangkaian Seri R \&C : } Z = \sqrt{R^2 + XC^2} \quad \dots(23)$$

$$3. \text{ Impedansi Rangkaian Seri R – L \&C : } Z = \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2} \quad \dots(24)$$

Dimana:

Z adalah impedansi

R adalah hambatan (Ω)

L adalah induktansi (henry)

2.14. Resistansi

Resistansi atau hambatan listrik berbanding terbalik dengan konduktansi atau hantaran. Jika resistansi merupakan nilai seberapa besar menghambat arus listrik, maka konduktansi merupakan nilai seberapa besar menghantarkan arus listrik. Dengan prinsip ini dapat dirumuskan bahwa besarnya konduktansi berbanding terbalik dengan resistansi. Satuan konduktansi dinyatakan dalam siemens (S) dan ditulis dengan simbol G.

Mengulas resistansi. Resistansi adalah konsep dasar dalam bidang studi elektrik. Anda dapat melihatnya dalam hukum Ohm: $\Delta V = I * R$.^[2] Persamaan ini membuat Anda bisa menghitung nilai-nilai dari variabel-variabel tersebut selama Anda mengetahui setidaknya dua dari tiga variabelnya. Sebagai contoh, untuk menghitung resistansi, tulislah rumusnya menjadi :

$$R = I / \Delta V. \quad \dots(25)$$

dapat juga bisa menghitung resistansi dengan mudah menggunakan multimeter.

ΔV adalah tegangan, satuannya Volt (V). Variabel ini juga disebut sebagai perbedaan potensi.

I adalah arus, satuannya Ampere (A).

R adalah resistansi, satuannya Ohm (Ω).

2.15. Induktansi

2.15.1. Pengertian Induktansi

Induktansi adalah sifat dari rangkaian elektronika yang menyebabkan timbulnya potensial listrik secara proporsional terhadap arus yang mengalir pada rangkaian tersebut, sifat ini disebut sebagai induktansi sendiri, sedangkan apabila potensial listrik dalam suatu rangkaian ditimbulkan oleh perubahan arus dari rangkaian lain disebut sebagai induktansi bersama.

Definisi kuantitatif dari induktansi sendiri (simbol: L) adalah : di mana v adalah GGL yang ditimbulkan dalam volt dan i adalah arus listrik dalam ampere. Bentuk paling sederhana dari rumus tersebut terjadi ketika arus konstan sehingga tidak ada GGL yang dihasilkan atau ketika arus berubah secara konstan (linier) sehingga GGL yang dihasilkan konstan (tidak berubah-ubah).

Istilah 'induktansi' sendiri pertama kali digunakan oleh Oliver Heaviside pada Februari 1886. Sedangkan penggunaan simbol L kemungkinan ditujukan sebagai penghormatan kepada Heinrich Lenz, seorang fisikawan ternama. Satuan induktansi dalam Satuan Internasional adalah weber per ampere atau dikenal pula sebagai **henry** (H), untuk menghormati Joseph Henry seorang peneliti yang berkontribusi besar terhadap ilmu tentang magnetisme. $1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$.

Induktansi muncul karena adanya medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik (dijelaskan oleh Hukum Ampere). Supaya suatu rangkaian elektronika mempunyai nilai induktansi, sebuah komponen bernama induktor digunakan di dalam rangkaian tersebut, induktor umumnya berupa kumparan kabel/tembaga untuk memusatkan medan magnet dan memanfaatkan GGL yang dihasilkannya.

Bentuk umum dari K buah rangkaian dengan arus i_m dan tegangan v_m adalah

$$v_m = \sum_{n=1}^K L_{m,n} \frac{di_n}{dt} \quad \dots(26)$$

Koefisien L yang digunakan pada rumus di atas merupakan matriks simetris, rumus tersebut berlaku selama tidak menggunakan bahan yang bisa menjadi magnet, jika tidak maka besaran L merupakan fungsi dari besaran arus (induktansi non-linier). Nilai dari induktansi L dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Jumlah lilitan, semakin banyak lilitan maka semakin besar nilai induktansinya.
2. Diameter induktor, semakin besar diameternya semakin besar nilai induktansinya.
3. Permeabilitas inti, yaitu bahan inti yang digunakan seperti udara, besi, atau ferit.
4. Ukuran panjang induktor, semakin pendek induktor maka semakin besar nilai induktansinya.

2.16. Reaktansi

Reaktansi adalah perlawanan komponen sirkuit/rangkaian atas perubahan arus listrik atau tegangan listrik karena adanya kapasitansi atau induktansi. Medan listrik yang terbentuk dalam komponen tersebut akan menghambat perubahan potensial listrik dan medan magnetik yang terbentuk menghambat perubahan arus listrik. Simbol yang dipergunakan untuk menyatakan reaktansi sama dengan yang dipergunakan pada hambatan listrik, namun memiliki beberapa perbedaan.

Nilai kapasitansi dan induktansi mempengaruhi sifat dari komponen tersebut, namun efek reaktansi tidak terlihat ketika komponen tersebut dialiri arus searah, efek reaktansi hanya akan terlihat jika ada perubahan arus atau tegangan. Jadi, nilai reaktansi berubah-ubah sebanding dengan perubahan arus, dan jika frekuensi perubahan arusnya teratur, seperti dalam arus bolak-balik, maka nilai reaktansi menjadi konstan. Jika rangkaian listrik dianalisis menggunakan Kalkulus vektor nilai tahanan adalah bagian riil dari nilai impedansi, sedang nilai reaktansi merupakan [imajineranya](#). Keduanya sama-sama memiliki [satuan internasional Ohm](#). Resistor ideal tidak memiliki reaktansi (bernilai 0), sedangkan induktor dan kapasitor ideal tidak memiliki resistansi (Hambatan bernilai 0).

2.16.1. Reaktansi Induktif

Reaktansi Induktif adalah hambatan yang timbul akibat adanya GGL induksi karena dipasangnya induktor (L). Berbeda dengan rangkaian AC resistif dimana arus dan tegangan se-fasa, pada rangkaian AC induktif fasa tegangan mendahului 90° terhadap arus. Jika digambarkan diagram fasor-nya maka arus mengarah ke sumbu 'X' positif (kanan) dan tegangan mengarah ke sumbu 'Y' positif (atas).

Hambatan aliran elektron ketika melewati induktor pada rangkaian AC disebut sebagai 'Reaktansi Induktif', reaktansi dihitung dalam satuan Ohm (Ω) sama hal-nya seperti resistansi. Simbol reaktansi induktif adalah 'XL', pada rangkaian AC sederhana. Reaktansi induktif berbanding lurus terhadap frekuensi, jika frekuensi meningkat maka reaktansi induktif juga akan meningkat atau membesar dan begitu juga sebaliknya.

2.16.2. Reaktansi Kapasitif

Sebuah kondensator yang sering disebut kapasitor "C" dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak-balik berbentuk sinus yang ditetapkan dengan rumus. $e = E_m \sin \omega t$.

Jika sebuah kapasitor dihubungkan dengan sumber arus searah, maka arus searah yang dapat mengalir hanya sesaat saja dan waktu yang pendek, yaitu pada saat kapasitor dalam keadaan diisi (*charged*). Kemudian arus searah didalam kapasitor akan menjadi nol kembali. Hal tersebut membuktikan bahwa kapasitor tidak dapat dilalui arus searah atau dikatakan kapasitor memblokir arus searah. Menurut teori arus searah yang mengalir jumlah muatannya ditentukan dengan rumus :

$$Q = i \cdot t \text{ atau } i = Q/t.$$

Ketika arus dan tegangan melewati kapasitor pada rangkaian AC, fasa arus mendahului 90° fasa tegangan. Jika digambarkan diagram phasor-nya maka arus (I) ke arah sumbu 'X' positif (kanan) dan tegangan ke arah sumbu 'Y' negatif (bawah).

Hambatan aliran elektron ketika melewati kapasitor pada rangkaian AC disebut sebagai 'Reaktansi Kapasitif', reaktansi kapasitif dihitung dalam satuan Ohm (Ω) sama hal-nya seperti resistansi dan reaktansi induktif

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi merupakan penentuan tujuan dan langkah pengerjaan tugas akhir. Metodeologi berfungsi sebagai kerangka utama untuk menjadi langkah penentuan dan pembahasan. Metode yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah Perencanaan / Desain berbasis evaluasi system. Adapun langkah – langkah dalam metodologi pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain.

3.1. Perumusan Masalah

Tahapan awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi masalah yang ada untuk kemudian akan dicari penyelesaiannya pada pengerjaan Tugas Akhir ini.

3.2. Studi Literatur

Study literatur adalah penelusuran refrensi-refrensi yang dapat di gunakan sebagai bahan acuan dan pedoman dalam menyelesaikan tugas akhir ini. penelusuran refrensi ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data di laboratorium listrik kapal teknik sistim perkapalan, refrensi-refrensi yang ada di laboratorium listrik kapal, perpustakaan, internet, serta diskusi dengan pendahulu. Data yang diambil berupa teori yang mendasar pengetahuan tentang circuit bridge, requirement.

3.3. Pembuatan Alat

Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan alat atau *circuit bridge* yang dimaksudkan sebagai alat yang akan digunakan dalam pengambilan data dan percobaan pada motor dan alat yang akan diukur pada laboratorium MEAS. Sesuai spesifikasi jenis *bridge* yang digunakan.

3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah berikutnya sebagai bahan mentah dari data yang dibutuhkan untuk pengerjaan tugas akhir. Pengumpulan data sangat penting agar pengerjaan tugas akhir merujuk dari data yang kita peroleh. Pengumpulan data harus dari sumber yang nyata. Pengumpulan data tersebut meliputi : Data utama *Maxwell Inductance*, *Capacitance bridge* dan *Anderson Bridge* yang ada di lab listrik kapal, data variasi *bridge* yang dibutuhkan serta data variable yang dibutuhkan.

Langkah dalam pelaksanaan pengumpulan data merupakan suatu pengujian dari *Maxwell Inductance*, *Capacitance bridge* dan *Anderson Bridge*.

3.4.1. Peralatan yang digunakan

a. *Circuit Bridge*

Merupakan panel rangkaian resistor, induktor dan capasitor sebagai alat yang digunakandalam melakukan pengujian. Besaran nilai induktansi, dan resistansi.



Gambar 3.1 Panel *Circuit Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

b. Function Generator

Pada pengujian rangkaian ini digunakan sebuah function generator feedback FG601. Sebagai suplai arus ac untuk rangkaian.



Gambar 3.2 *Function Generator*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

c. Multimeter

Proses pengujian pada rangkaian ini membutuhkan multimeter sebagai alat ukur yang bisa digunakan untuk mengetahui besaran arus yang melalui rangkaian. Selain itu juga digunakan untuk mengukur besarnya tahanan / resistansi.



Gambar 3.3 Multimeter
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

d. LCR Meter

Proses pengujian pada rangkaian ini membutuhkan multimeter sebagai alat ukur yang bisa digunakan untuk mengetahui besaran nilai kapasitansi dan induktansi.



Gambar 3.4 LCR Meter
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

e. Induktor Variabel

Proses pengujian pada rangkaian ini membutuhkan Variabel induktor yang digunakan sebagai alat yang dapat memvariasikan besarnya nilai induktansi pada rangkaian percobaan.) Menggunakan alat Feedback 67-300 (220v Ac/ 1A, 700mH)



Gambar 3.5 Variabel Induktor
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

f. Resistor Variabel



Gambar 3.5 Variabel Resistor
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Proses pengujian pada rangkaian ini membutuhkan Variabel resistor yang digunakan sebagai alat yang dapat memvariasikan besarnya nilai induktansi pada rangkaian percobaan. Menggunakan alat Feedback 67-140 (220v Ac/ 2A, 230 Ω -3900 Ω)

3.5. Pengolahan Data

Untuk menjawab permasalahan yang dikemukakan pada pendahuluan, kemudian dilakukan pengumpulan data seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Maka selanjutnya data data-data yang telah terkumpul diolah sesuai dengan metode yang tepat untuk kemudian dapat dipakai dalam menjawab permasalahan.

3.6. Analisa Data

Pada tahap ini dilakukan analisa perhitungan dan sistem spesifikasi dari Maxwell's Conduction Bridge dan Maxwell's Wien Bridge. Serta dilakukan koreksi sesuai dengan variabel yang digunakan. Serta dari perhitungan resistansi, kapasitansi, dan reaktansi dapat diketahui bagaimana sifat impedansinya dan induksinya. Serta dapat diketahui bagaimana karakteristik sudut fasornya untuk dapat mengetahui tegangan (V) serta Arus (I). Hal ini berkaitan dengan pengaruhnya bagi alat untuk apa saja dan apakah efek yang akan ditimbulkan tahanan kumparan jangkar dan stator.

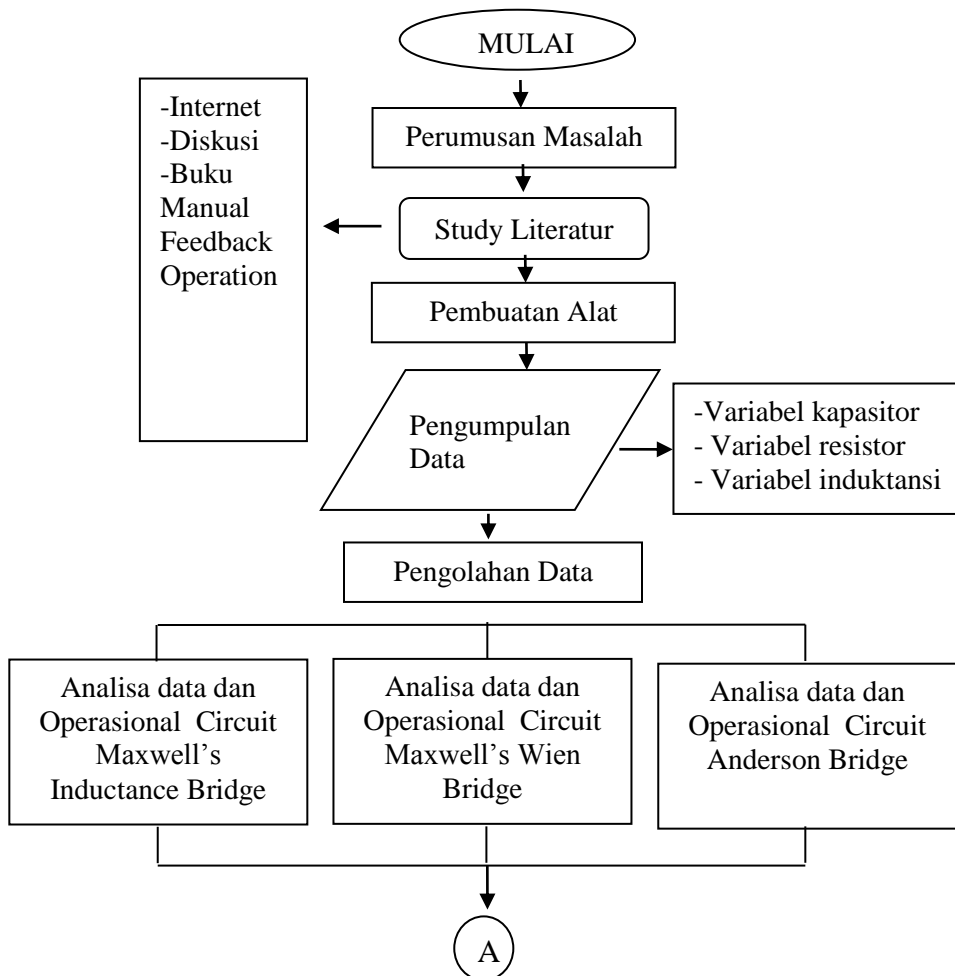
3.7. Kesimpulan Dan Saran

Proses pengambilan kesimpulan dari data yang sudah dilakukan perhitungan dan analisa guna mendapatkan nilai dari reaktansi, kapasitansi, serta berapa banyak jumlah lilitan yang diperlukan dalam circuit Maxwell's Inductance Bridge

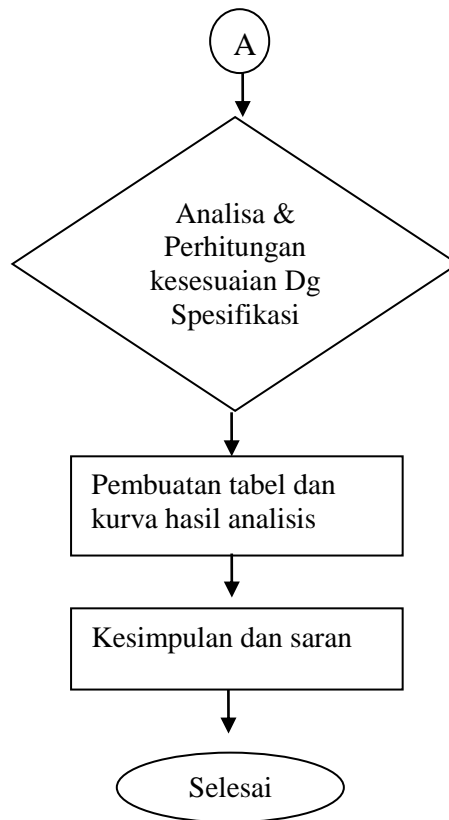
Kemudian saran-saran yang diberikan penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini di kemudian hari dapat digunakan untuk mendukung selaku pihak laborat dalam melakukan kegiatan praktik dengan metode yang berbeda. Mealanjutkan dari pembahasan yang telah diangkat belumlahnya oleh mahasiswa tingkat lanjut.

3.8. Flow Chart

Dalam penyusunan tugas akhir ini perlu disusun dengan kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa studi kasus. Proses pelaksanaan tugas akhir ini diuraikan seperti dalam diagram berikut



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

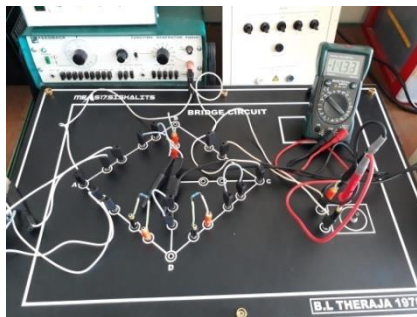
4.1. Analisa Pengujian Induktansi Motor Induksi 3Fasa-Sangkar Tupai



Gambar 4.1 Motor Induksi 3 Fasa Sangkar Tupai
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

4.1.1. Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 3 fasa-Sangkar Tupai, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Maxwell Inductance Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.2, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.2 Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa-sangkar tupai, sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa-Sangkar Tupai.

(R1) Ω Bridge	R _s (R2) Ω	R3 Ω	R4 Ω	L _s (L1)H Bridge	L4 H	Nilai % Eror
244.0	24.4	100	1000	0.288	1.18	0.712
253.0	58.2	230	1000	0.299	1.18	0.701
246.0	115.6	470	1000	0.290	1.18	0.710
243.0	243	1000	1000	0.287	1.18	0.713
240.2	528.5	2200	1000	0.283	1.18	0.717
239.7	935	3900	1000	0.283	1.18	0.717

(R1) Ω Multi tester	R _s (R1) Ω LCR	L _s (L1) LCR
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga pada bridge yang digunakan memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{24.4 \cdot 1000}{100} \\
 &= 244,0 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian *Maxweel Inductance Bridge*, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$L1 = L4 \frac{R2}{R3}$$

$$L1 = 1.18 \frac{24,4}{100}$$

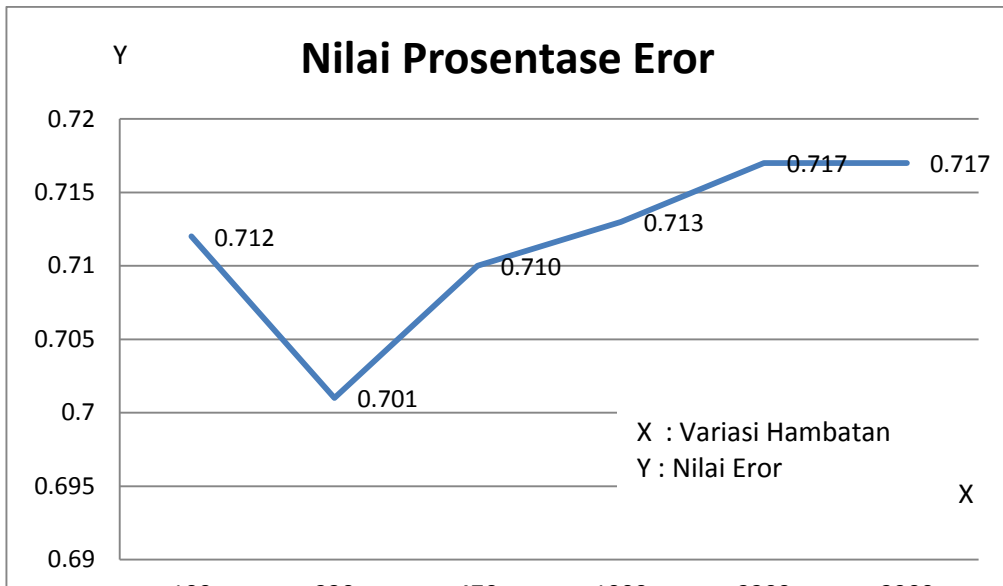
$$L1 = 0,288 \text{ H}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 Fasa-sangkar tupai yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *maxell inductance bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R3) dengan nilai 100 ohm – 3900 ohm, nilai induktansi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter tetap pada stau nominal. Dalam pengujian ini skala yang digunakan 20mH-20H.

Dalam hal ini percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidaksesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan, Rumus dibawah.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Perhitungan rumus} - \text{Hasil Pengujian alat}}{\text{Hasil Pengujian alat}} \times 100\% \\ &= \frac{0,288 - 0,297}{0,297} \times 100\% \\ &= 0,712 \% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya cukup bervariasi.



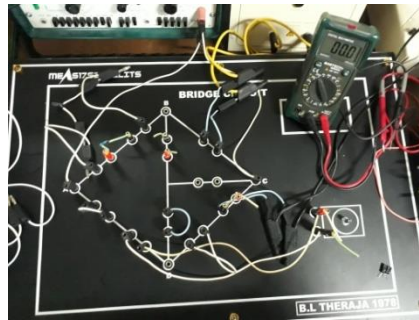
Gambar 4.3 Prosentase nilai error antara LCR dan rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3fasa-sangkar tupai menggunakan rangkaian *maxwell inductance bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah. Sehingga pada variasi nilai hambatan yang kecil nilai induktansi yang dihitung menggunakan alat bridge memiliki nilai yang cukup besar.

Pada hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter yang digunakan sebagai pembanding dan hasil perhitungan menggunakan bridge, nilai dari metode rangkaian bridge ada perbedaan dengan LCR. Hal ini bisa jadi dikarenakan karena nilai induktansi dari perhitungan sangat bergantung dari hambatan yang diberikan. Dari grafik prosentase error dapat dilihat bahwa nilai dari masing-masing variasi hambatan menunjukkan hasil yang bervariasi pula. Nilai L (Induktansi) bridge diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan rumus yang ada. Pada percobaan yang telah dilakukan, nilai dari metode bridge dapat dinilai cukup akurat dalam melakukan pengukuran nilai induktansi pada Motor 3 Fasa-Sangkar Tupai

4.1.2. Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 3 fasa-Sangkar Tupai, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Maxwell Wien Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.4, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.4 Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari refrensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa-sangkar tupai, sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa-Sangkar Tupai.

R1 Ω	R2 Ω	R3 Ω	R _s (R4) Ω	L _s (L3)	C _s (C1) 1 F	Nilai % Error
1000	100	297	2970	0.297	0.000001	-0.703
1000	230	290.95	1265	0.291	0.000001	-0.709
1000	470	292.34	622	0.292	0.000001	-0.708
1000	1000	299	299	0.299	0.000001	-0.701
1000	2200	293.04	133.2	0.293	0.000001	-0.707
1000	3900	294.45	75.5	0.294	0.000001	-0.706

R3Ω Multi tester	R3Ω LCR	Ls (L3) LCR
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lengannya. Sehingga pada bridge yang digunakan ini memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R_3 &= \frac{R_2 \cdot R_4}{R_1} \\
 &= \frac{100 \cdot 2970}{1000} \\
 &= 297\Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian *Maxwell Wien Bridge*, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$L_3 = CR_2R_4$$

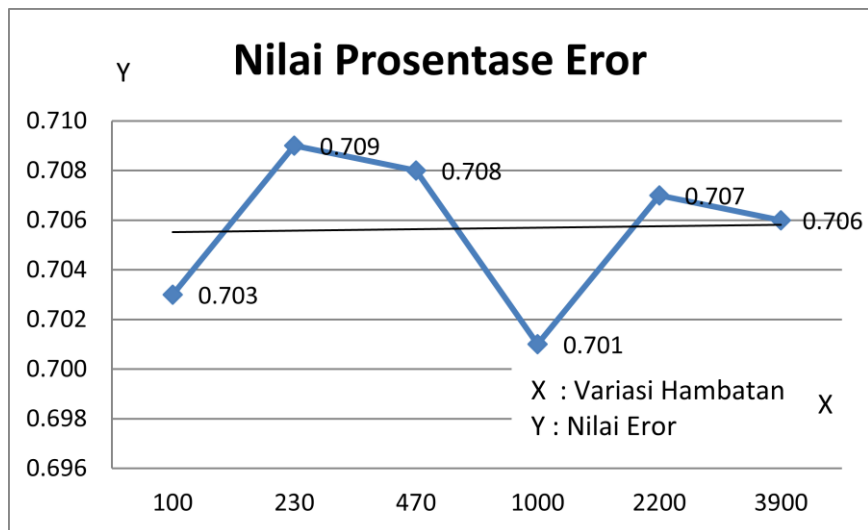
$$\begin{aligned}
 L_3 &= 0,000001 \cdot 100 \cdot 2970 \\
 L_3 &= 0,297 \text{ H}
 \end{aligned}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 Fasa-sangkar tupai yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *maxwell wien bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R2) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktansi (L3) yang diukur menggunakan alat LCR meter, dan nilai L3 didapat dari bridge memiliki nilai yang bervariasi untuk nilai induktansinya. Pada percobaan ini skala yang digunakan 20mH-20H pada LCR meter.

Dalam hal ini pengukuran yang dilakukan dengan alat bridge dan dengan alat ukur LCR meter terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidaksesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan, Rumus dibawah.

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Pengujian Alat}}{\text{Pengujian Alat}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,297 - 0,297}{0,297} \times 100\% \\
 &= 0,703\%
 \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya cukup fluktuatif di setiap variasi hambatan pada rangkaian bridge.



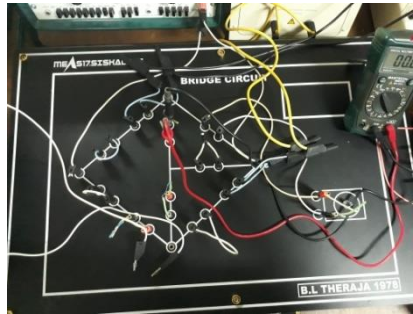
Gambar 4.5 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3fasa-sangkar tupai menggunakan rangkaian maxwell wien bridge yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah. Yang mana pada rangkaian ini ditambahkan dengan kapasitor serta tidak menggunakan variabel induktor seperti halnya rangkaian maxwell inductance.

Sehingga pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus bridge hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan bridge, nilai dari masing-masing metode memiliki sedikit perbedaan. Hal ini dirasa cukup wajar dalam proses pengukuran yang sering dilakukan pada umumnya.

4.1.3. Rangkaian *Anderson Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 3 fasa-Sangkar Tupai, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Anderson Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.6, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.6 Rangkaian *Anderson Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di daat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa-sangkar tupai, sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi dan Induktansi Pada Motor Induksi 3Fasa-Sangkar Tupai.

R1 Ω	R _s (R2) Ω	R3 Ω	R4 Ω	R5 Ω	L1	C1 1 F	Nilai % Eror
175680	8784	100	2000	200	0.054	0.000001	0.946
73217	8420	230	2000	200	0.033	0.000001	0.967
32557	7651	470	2000	200	0.023	0.000001	0.977
14040	7020	1000	2000	200	0.018	0.000001	0.982
6166.4	6783	2200	2000	200	0.016	0.000001	0.984
3395.4	6621	3900	2000	200	0.015	0.000001	0.985

R1Ω Multi tester	R1Ω LCR	L1 LCR
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297
109.3	112.4	0.297

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga memiliki persamaan sebagai berikut $R_1 R_3 = R_2 R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \frac{R_2 \cdot R_4}{R_3} \\
 &= \frac{8784 \cdot 2000}{100} \\
 &= 175680 \, \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian *Anderson Bridge*, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

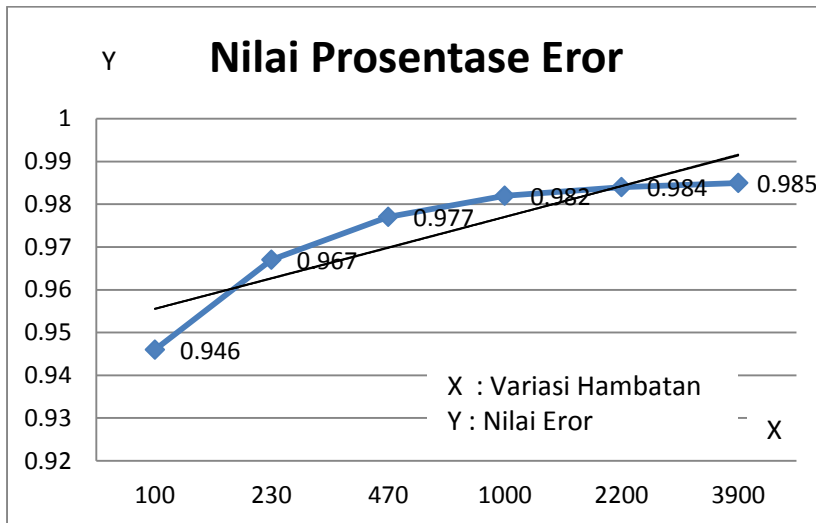
$$\begin{aligned}
 L_1 &= CR_2 R_4 + R_5 + \frac{R_4 R_5}{R_3} \\
 L_1 &= 0.000001 \cdot 8784 \cdot 2000 + 200 + \frac{2000 \cdot 200}{100} \\
 L_1 &= 0,054 \, H
 \end{aligned}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 Fasa-sangkar tupai yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *anderson bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R2) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktansi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter konstan, dan nilai L1 didapat dari rumus bridge memiliki nilai yang bervariasi bergantung dengan di tambahkannya hambatan pada rangkaian bridge yang digunakan. Pada pengujian ini skala yang digunakan 20mH-20H.

Dalam hal ini pengukuran yang dilakukan dengan alat bridge dan dengan alat ukur LCR meter terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidak sesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan.

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian}}{\text{Hasil Pengujian}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,054 - 0.297}{0.297} \times 100\% \\
 &= 0,946 \%
 \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya semakin meningkat saat hambatan dinaikan pada hambatan.



Gambar 4.7 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Anderson Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3fasa-sangkar tupai menggunakan rangkaian *anderson bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi. Rangkaian ini merupakan perkembangan atau modifikasi dari rangkaian maxwell bridge. Akan tetapi pada rangkaian ini menggunakan prinsip Y dan delta.

Sehingga pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus bridge hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan bridge, nilai dari masing-masing cukup berbeda. Hal ini bisa jadi dikarenakan karena faktor kesalahan saat pengujian, bridge yang tidak mampu atau faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran.

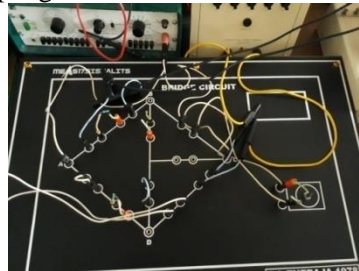
4.2. Analisa Pengujian Induktansi Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound



Gambar 4.8 Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

4.2.1. Rangkaian Maxwell Inductance Bridge

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 1 fasa-bifilar Wound, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Maxwell Inductance Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.9, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.9 Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa-Bifilar Wound.

$R_s(R1)\Omega$ Bridge	R_s ($R2$) Ω	$R3\Omega$	$R4\Omega$	L_s (L1)H Bridge	L4 H	Nilai % Eror
35.3	3.53	100	1000	0.042	1.18	0.958
36.1	8.3	230	1000	0.043	1.18	0.957
37.4	17.6	470	1000	0.044	1.18	0.956
36.7	36.7	1000	1000	0.043	1.18	0.957
35.5	78.2	2200	1000	0.042	1.18	0.958
36.2	141	3900	1000	0.043	1.18	0.957

($R1$) Ω Multi tester	($R1$) Ω LCR	L_s (L1) LCR
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga memiliki persamaan sebagai berikut $R_1/R_3 = R_2/R_4$ atau $R_1/R_4 = R_2/R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada $R1$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{3,53 \cdot 1000}{100} \\
 &= 35.3 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian Maxweel Inductance Bridge, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan.

$$L1 = L4 \frac{R2}{R3}$$

$$L1 = 1.18 \frac{3,53}{100}$$

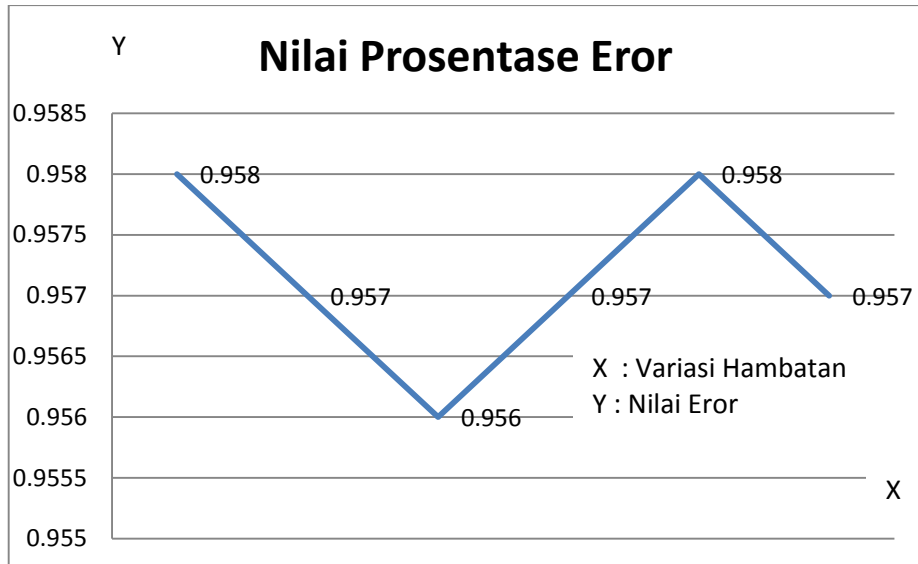
$$L1 = 0,042 \text{ H}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1 Fasa-Bifiliar Wound yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *maxell inductance bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R2) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktasi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter, dan nilai L1 didapat dari bridge memiliki nilai yang berfariatif untuk induktansinya. Dalam hal ini skala yang digunakan 20mH-20H.

Dalam hal ini percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidak sesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian Alat}} \times 100\% \\ &= \frac{0,042 - 0,043}{0,043} \times 100\% \\ &= 0,958 \% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya cenderung fluktuatif pada hambatan 100-470 nilai erornya cukup besar. Lalu pada hambatan 1000-3900 ohm nilai erornya fluktuatif bahkan sampai dengan 0,98 dikarenakan nilai dari hasil ukur menggunakan metode bridge di bawah alat ukur LCR, dengan kata lain bahwa alat bridge jauh memiliki ketelitian dalam pengukuran motor tersebut.



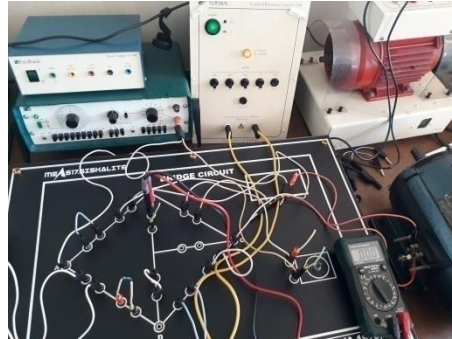
Gambar 4.10 Prosentase nilai error antara LCR dan rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa-Bifilar Wound menggunakan rangkaian *Maxwell Inductance bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah.

Sehingga pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus bridge hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan bridge, nilai dari masing-masing metode cukup berbeda. Akan tetapi masih cenderung dalam nilai yang wajar jika dilihat dari nilai yang didapat dari hasil hitung rumus dan dari LCR nilai cukup akurat

4.2.2. Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 1 fasa-bifilar wound, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Maxwell Wien Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.11, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 411 Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari refrensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa-bifilar wound, sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa Bifilar Wound.

R1 Ω	R2 Ω	R3 Ω Bridge	Rs (R4) Ω	Ls (L3)	(C1) μ F	Nilai % Error
1000	100	42.4	424	0.042	0.000001	0.958
1000	230	40.94	178	0.041	0.000001	0.959
1000	470	41.83	89	0.042	0.000001	0.958
1000	1000	41.6	41.6	0.042	0.000001	0.958
1000	2200	42.68	19.4	0.043	0.000001	0.957
1000	3900	42.12	10.8	0.042	0.000001	0.958

R3Ω Alat	R3Ω Alat	Ls (L3)
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1/R_4 = R_2/R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R3 &= \frac{R2 \cdot R4}{R1} \\
 &= \frac{100 \cdot 424}{1000} \\
 &= 0,042 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian *Maxwell Wien Bridge*, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$L_3 = CR_2R_4$$

$$\begin{aligned}
 L3 &= 0,000001 \cdot 100 \cdot 424 \\
 L3 &= 0,042 \text{ H}
 \end{aligned}$$

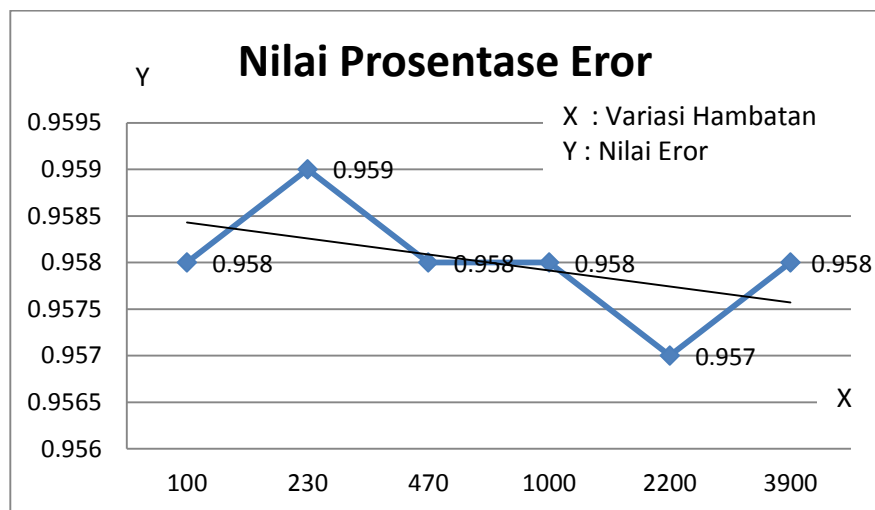
Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1 Fasa-Bifilar Wound yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *maxwell wien bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R2) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktansi (L3) yang diukur menggunakan alat LCR meter, dan nilai L3 yg didapat dari bridge memiliki nilai yang bervariasi untuk nilai induktansinya. Dalam hal ini skala yang digunakan 20mH-20H pada alat LCR.

Dalam hal ini percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidaktepatan (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan.

$$\% = \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian Alat}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,042 - 0,043}{0,043} \times 100\% \\
 &= 0,958\%
 \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya semakin meningkat, pada hambatan 3900 ohm nilai erornya cukup besar. Hal ini bisa terjadi karena adanya kesalahan pada pengukuran, human eror atau faktor rangkaian yang kurang sesuai.



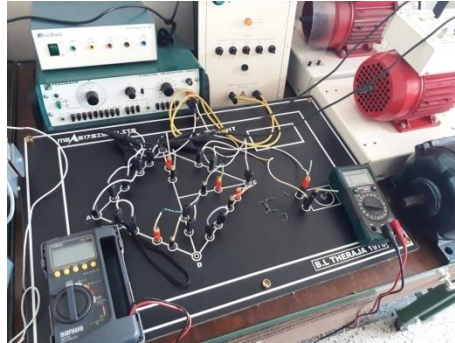
Gambar 4.12 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa-Bifilar Wound menggunakan rangkaian *Maxwell Wien bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah yang ditambahkan dengan kapasitansi serta tidak adanya tambahan variabel induktor untuk dapat mengukur nilai induktansinya.

Sehingga pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus *bridge* hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan *bridge*, nilai dari masing-masing metode tidak berbeda jauh bahkan cenderung akurat. Meski ada sedikit perbedaan nilai di masing-masing variasi hambatan, hal ini dinilai cukup wajar mengingat dalam pengukuran masih dinilai wajar.

4.2.3. Rangkaian *Anderson Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 1 fasa-bifilar wound, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Anderson Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.13, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.13 Rangkaian *Anderson Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di daat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa-bifilar wound, sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa-Bifilar Wound.

R1 Ω	R _s (R2) Ω	R3 Ω	R4 Ω	R5 Ω	L1 Bridge	C1 1 F	Nilai % Error
135600	6780	100	2000	200	0.042	0.000001	0.958
66521.74	7650	230	2000	200	0.030	0.000001	0.970
28259.57	6641	470	2000	200	0.020	0.000001	0.980
12642	6321	1000	2000	200	0.016	0.000001	0.984
4963.636	5460	2200	2000	200	0.013	0.000001	0.987
2671.795	5210	3900	2000	200	0.012	0.000001	0.988

R1Ω Multi tester	R1Ω LCR	L1 LCR
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043
9.1	9.6	0.043

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1/R_4 = R_2/R_3$. Sehingga dala menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{6780 \cdot 2000}{100} \\
 &= 135600 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian Anderson Bridge, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan.

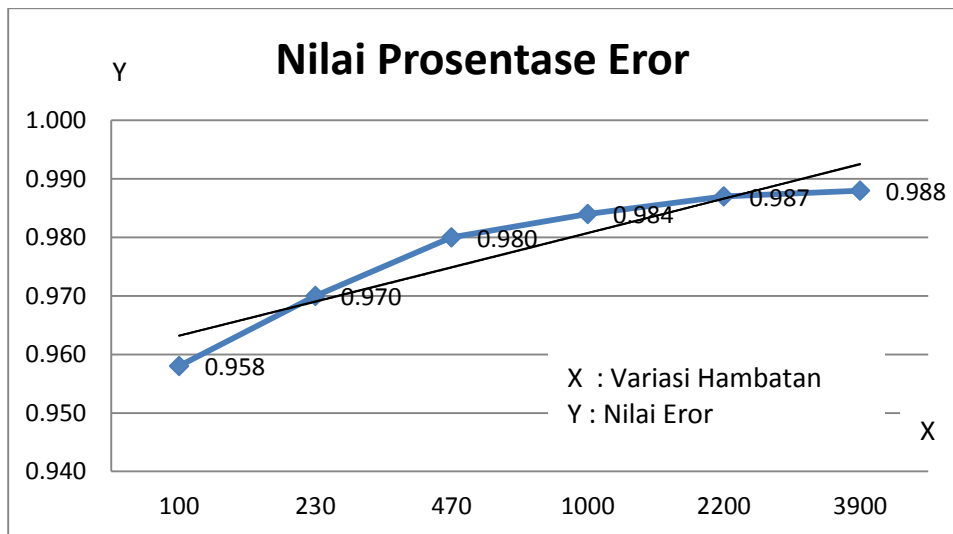
$$\begin{aligned}
 L1 &= CR2 R4 + R5 + \frac{R4R5}{R3} \\
 L1 &= 0,000001 \cdot 6780 \cdot 2000 + 200 + \frac{2000 \cdot 200}{100} \\
 L1 &= 0.042 \text{ H}
 \end{aligned}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1 Fasa-Bifiliar Wound yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *anderson bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R3) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktasi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter memiliki nilai yang sama, dan nilai L yang didapat dari bridge memiliki nilai yang berfariatif untuk induktansinya. Dalam hal ini skala yang digunakan 20mH-20H pada LCR.

Dalam hal ini percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidak sesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian Alat}} \times 100\% \\ &= \frac{0,042 - 0,043}{0,043} \times 100\% \\ &= 0,958 \% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya cenderung baik. Dikarekanakan mendekati dengan alat ukur yang digunakan sebagai pembanding.



Gambar 4.14. Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Anderson Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1fasa-Bifiliar Wound menggunakan rangkaian *Anderson bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi. Rangkaian yang merupakan modifikasi atau pengembangan dari rangkaian maxwell bridge, yang merupakan bridge untuk pengukuran nilai Q menengah.

Pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus *bridge* hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan *bridge*, nilai dari masing-masing metode tidak berbeda jauh. Hal ini bisa diartikan bahwa rangkaian yang digunakan dapat digunakan sebagai peralatan pengukuran yang akurat.

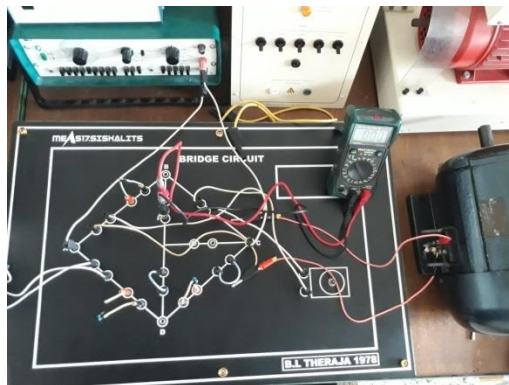
4.3. Analisa Pengujian Induktansi Motor Induksi 1 Fasa-1PK



Gambar 4.15 Motor Induksi 1 Fasa
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

4.3.1. Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 1 fasa, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis Maxwell Inductance Bridge standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.16, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.16 Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa, sebagai berikut.

Tabel 4.7 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa

R1Ω	Rs (R2)Ω	R3Ω	R4Ω	Ls (L1)H	L4 H	Nilai % eror
19.0	1.9	100	1000	0.022	1.18	0.978
20.0	4.6	230	1000	0.024	1.18	0.976
20.6	9.7	470	1000	0.024	1.18	0.976
21.3	21.3	1000	1000	0.025	1.18	0.975
20.6	45.3	2200	1000	0.024	1.18	0.976
18.3	71.3	3900	1000	0.022	1.18	0.978

(R1)Ω Multi tester	(R1)Ω LCR	Ls (L1) LCR
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga pada bridge yang digunakan memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{1.9 \cdot 1000}{100} \\
 &= 19,0 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian Maxweel Inductance Bridge, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$L1 = L4 \frac{R2}{R3}$$

$$L1 = 1.18 \frac{1,9}{100}$$

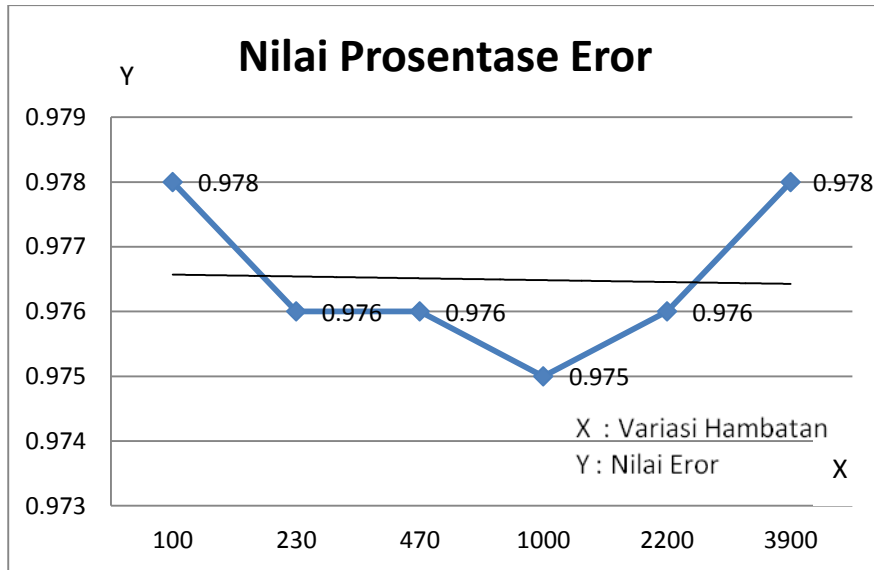
$$L1 = 0,022 \text{ H}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 Fasa-sangkar tupai yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *maxell inductance bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R3) dengan nilai 100 ohm – 470 ohm, nilai induktansi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter, nilai L1 menunjukkan sebesar 0,024H. Pada bridge nilai yang didapat cukup fluktuatif Dalam hal ini skala yang digunakan pada LCR 20mH-20H.

Pada percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidaksesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan, Rumus dibawah.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Perhitungan rumus} - \text{Hasil Pengujian alat}}{\text{Hasil Pengujian alat}} \times 100\% \\ &= \frac{0,02 - 0.024}{0.024} \times 100\% \\ &= 0,978 \% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya rata, dalam arti bahwa nilai erornya berkisar pada nilai 0,9 %. Pada hambatan 1000-3900 ohm nilai erornya semakin kecil.



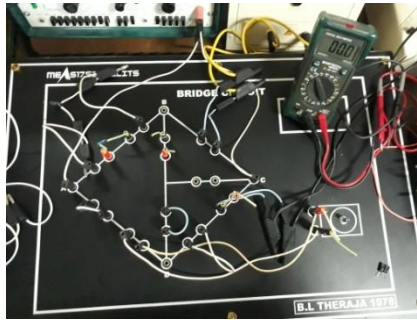
Gambar 4.17 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa menggunakan rangkaian *maxwell inductance bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah.

Pada hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan bridge, nilai dari masing-masing metode memiliki perbedaan hasil pengukuran, jika dilihat hasil rumus bridge dan hasil pengukuran menggunakan multitester. Dari grafik prosentase eror hasil prosesntasanya cukup fluktiatif akan tetapi masih ada pada range yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian yang digunakan dapat diterapkan dalam pengukuran nilai indutansi pada objek yang sedang diamati.

4.3.2. Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 1 fasa, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Maxwell Wien Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.16, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.18 Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari refrensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa, sebagai berikut.

Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa.

$R1\Omega$	$R2\Omega$	$R3\Omega$ Bridge	R_s ($R4$) Ω	L_s ($L3$)	C_s (C1) 1F	Nilai % Eror
1000	100	20	200	0.020	0.000001	0.98
1000	230	25.116	109.2	0.025	0.000001	0.975
1000	470	25.427	54.1	0.025	0.000001	0.975
1000	1000	23.5	23.5	0.024	0.000001	0.977
1000	2200	25.3	11.5	0.025	0.000001	0.975
1000	3900	369	5.8	0.023	0.000001	0.977

R3Ω Multi tester	R3Ω LCR	Ls (L3) LCR
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga pada bridge yang digunakan ini memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R_3 &= \frac{R_2 \cdot R_4}{R_1} \\
 &= \frac{100 \cdot 200}{1000} \\
 &= 20 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian *Maxwell Wien Bridge*, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$L_3 = CR_2R_4$$

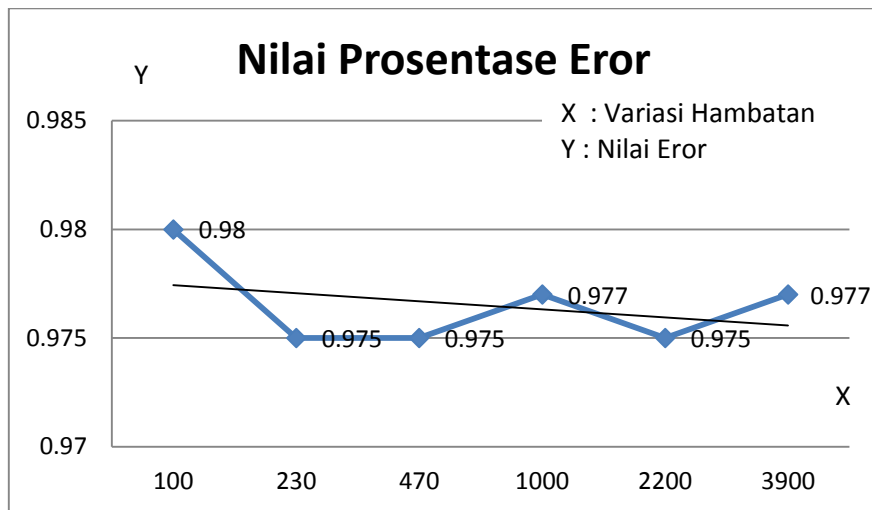
$$\begin{aligned}
 L_3 &= 1 \cdot 100 \cdot 200 \\
 L_3 &= 0,020 \text{ H}
 \end{aligned}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 Fasa-sangkar tupai yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *maxwell wien bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R2) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktansi (L3) yang diukur menggunakan alat LCR meter, dan nilai L3 yang didapat dari bridge memiliki nilai yang bervariasi untuk induktansinya. Dalam hal ini skala yang digunakan pada LCR 20mH-20H.

Dalam hal ini pengukuran yang dilakukan dengan alat bridge dan dengan alat ukur LCR meter terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidaksesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan, Rumus dibawah.

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Perhitungan Rumus}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,022 - 0,024}{0,024} \times 100\% \\
 &= 0,980\%
 \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya fluktuatif, saat ditambahkan lagi nilai hambatan pada lengannya.



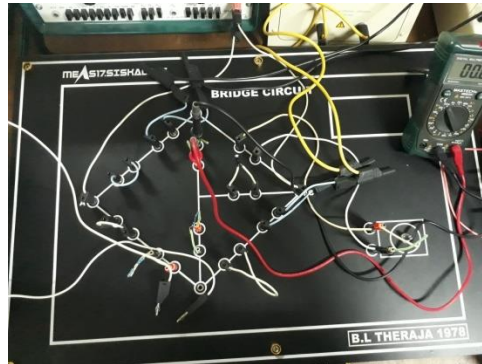
Gambar 4.19 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa menggunakan rangkaian *maxwell wien bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah. Dengan nilai kapasitansi yang tidak diketahui, sehingga membedakan dengan *maxwell inductance*.

Sehingga pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus *bridge* hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan *bridge*, nilai dari masing-masing metode memiliki perbedaan. Akan tetapi perbedaan yang didapat dari kedua metode tidak cukup signifikan, masih dalam *range* yang dirasa wajar.

4.3.3. Rangkaian *Anderson Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 1 fasa, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Anderson Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.20, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.20 Rangkaian *Anderson Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di daat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 1 fasa, sebagai berikut.

Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada Motor Induksi 1 Fasa.

R1 Ω Bridge	R _s (R2) Ω	R3 Ω	R4 Ω	R5 Ω	L1 Bridge	C1	Nilai % Eror
73240	3662	100	2000	200	0.023	0.000001	0.977
50643.48	5824	230	2000	200	0.023	0.000001	0.977
34978.72	8220	470	2000	200	0.025	0.000001	0.975
17342	8671	1000	2000	200	0.023	0.000001	0.977
8082.727	8891	2200	2000	200	0.021	0.000001	0.979
4791.795	9344	3900	2000	200	0.022	0.000001	0.978

R1Ω Multi Tester	R1Ω LCR	L1 LCR
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024
1.1	2.06	0.024

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{3662 \cdot 2000}{100} \\
 &= 73240 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian Anderson Bridge, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan.

$$\begin{aligned}
 L1 &= CR2 R4 + R5 + \frac{R4R5}{R3} \\
 L1 &= 1 \cdot 3662 \cdot 2000 + 200 + \frac{2000 \cdot 200}{100} \\
 L1 &= 0.023 \text{ H}
 \end{aligned}$$

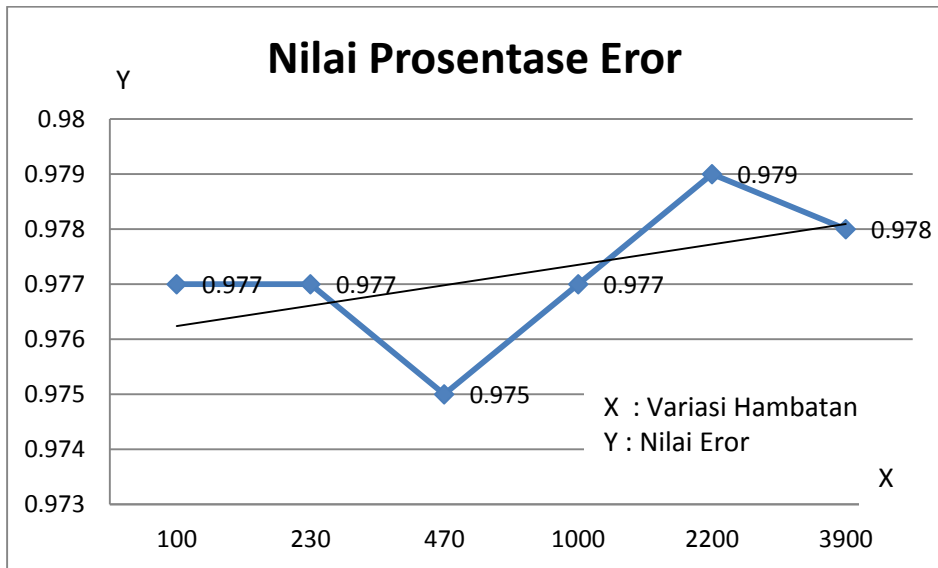
Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1 Fasa yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *anderson bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R3) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktansi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter, nilai 1 didapat beberapa nilai yang bervariasi untuk nilai induktansinya. Dalam hal ini skala yang digunakan 20mH-20H.

Pada percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidaksesuaian (eror) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan.

$$\% = \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian Alat}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.023 - 0,024}{0,024} \times 100\% \\
 &= 0.977 \%
 \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya konstan pada tiap variasi hambatanya



Gambar 4.21 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 1fasa menggunakan rangkaian *Anderson bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi yang tidak diketahui. Rangkaian yang merupakan perkembangan dari jembatan maxwell.

Pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus *bridge* hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan *bridge*, nilai dari masing-masing metode tidak berbeda jauh. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian yang digunakan dalam pengamatan pada objek yang digunakan, dapat digunakan dengan cukup akurat.

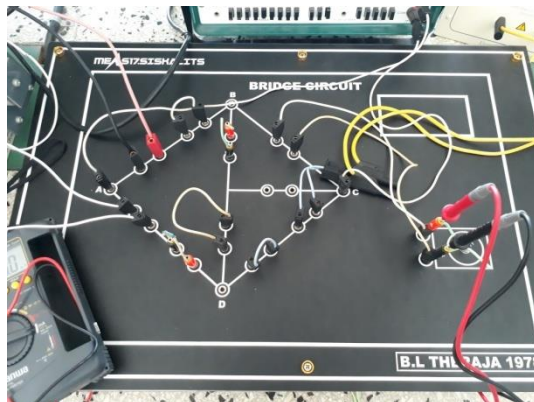
4.4. Analisa Pengujian Induktansi Generator 600 Va (0,6 Kw)



Gambar 4.22 Generator 600 Va
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

4.4.1. Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada generator 600Va, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis Maxwell Inductance Bridge standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.23, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.23 Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari generator 600Va, sebagai berikut.

Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Induktansi Pada generator 600 Va

R1Ω	Rs (R2)Ω	R3Ω	R4Ω	Ls (L1)H	L4 H	% eror
3410.0	341	100	1000	4.02	1.18	3.02
3452.2	794	230	1000	4.07	1.18	3.07
3470.2	1631	470	1000	4.09	1.18	3.09
3406.0	3406	1000	1000	4.02	1.18	3.02
3438.2	7564	2200	1000	4.06	1.18	3.06
3425.6	13360	3900	1000	4.04	1.18	3.04

(R1)Ω Multi tester	(R1)Ω LCR	(L1) LCR
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga pada bridge yang digunakan memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{341 \cdot 1000}{100} \\
 &= 3410 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian Maxweel Inductance Bridge, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$L1 = L4 \frac{R2}{R3}$$

$$L1 = 1.18 \frac{3410}{100}$$

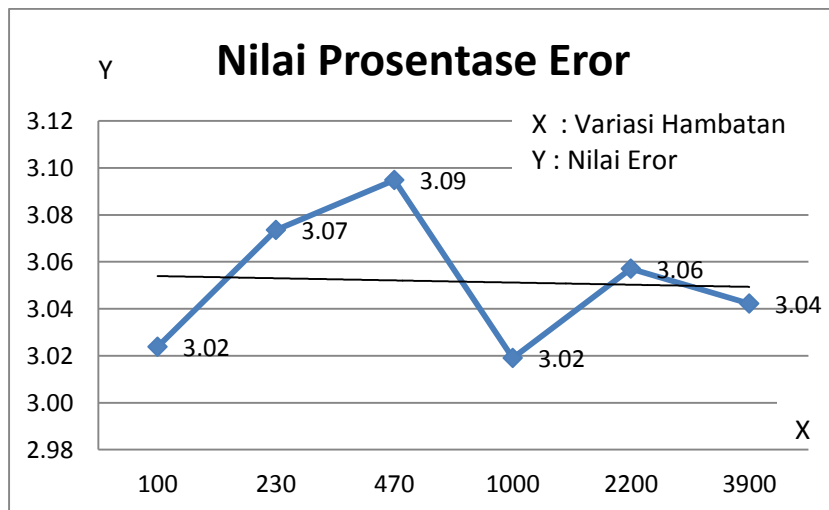
$$L1 = 4,02 \text{ H}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari generator 600 VA yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *maxell inductance bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R3) dengan nilai 100 ohm – 470 ohm, nilai induktansi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter, nilai L1 yang didapat dari hasil bridge berubah-ubah dengan di variasikan nilai hambatannya . Dalam hal ini skala yang digunakan pada LCR 20mH-20H.

Pada percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu generator yang sama . Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidak sesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan, Rumus dibawah.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Perhitungan rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian alat}} \times 100\% \\ &= \frac{4,02 - 4,07}{4,07} \times 100\% \\ &= 3,02 \% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase error yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase error dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya cukup fluktuatif.



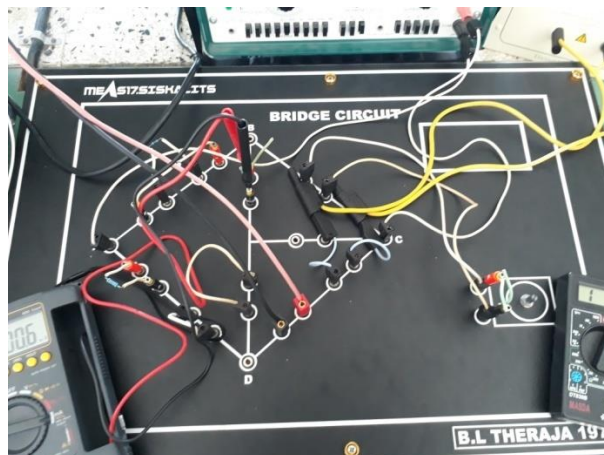
Gambar 4.24 Prosentase nilai error antara LCR dan rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari generator 600 Va menggunakan rangkaian *maxwell inductance bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah.

Pada hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan bridge, nilai dari masing-masing metode cukup mendekati alat ukur LCR yang digunakan sebagai pembanding bahkan ada yang menunjukkan nilai dibawah LCR. Dengan generator yang cukup besar kapasitasnya alat bridge dengan rangkaian maxwell inductance bridge mampu mengukur nilai L nya sesuai dengan dasar teori yang dijelaskan. Dari grafik prosentase eror semakin kecil variasi hambatannya semakin besar nilai erornya dan besar nilai hambatannya maka nilai erornya semakin kecil.

4.4.2. Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada genrator 600 Va, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Maxwell Wien Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.15, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.25 Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari refrensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari generator 600 Va.

Tabel 4.11 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada Generator 600 Va

R1Ω	R2Ω	R3Ω Bridge	Rs (R4)Ω	Ls (L3)	(C1) 1 F	Nilai % Eror
1000	100	1000	10000	1.00	0.000001	0.00
1000	230	2300	10000	2.30	0.000001	1.30
1000	470	4225.3	8990	4.23	0.000001	3.23
1000	1000	4012	4012	4.01	0.000001	3.01
1000	2200	3918.2	1781	3.92	0.000001	2.92
1000	3900	4005.3	1027	4.01	0.000001	3.01

R3Ω Multi tester	R3Ω LCR	(L3) LCR
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga pada bridge yang digunakan ini memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R_3 &= \frac{R_2 \cdot R_4}{R_1} \\
 &= \frac{100 \cdot 10000}{1000} \\
 &= 1000\Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian *Maxweel Wien Bridge*, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$L_3 = CR_2R_4$$

$$L3 = 1.100.10000$$

$$L3 = 1.00 \text{ H}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari generator 600 Va yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *maxell wien bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R2) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktansi (L3) yang diukur menggunakan alat LCR meter, dan L3 yang didapat dari bridge memiliki nilai yang berfluktuatif. Dalam hal ini skala yang digunakan pada LCR 20mH-20H.

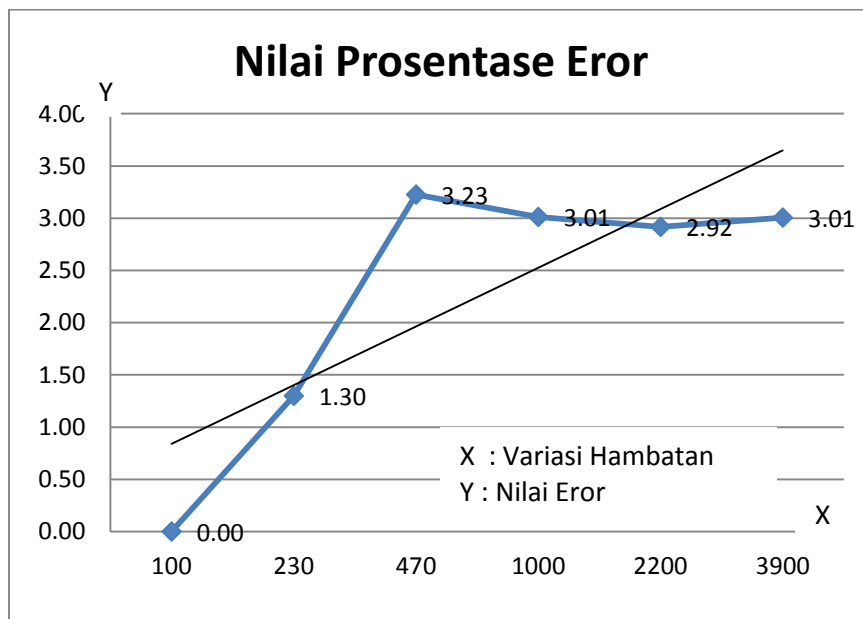
Pada pengukuran yang dilakukan dengan alat bridge dan dengan alat ukur LCR meter terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidak sesuaian (eror) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan, Rumus dibawah.

$$\% = \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian Alat}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,00 - 4.07}{4.07} \times 100\%$$

$$= 10\%$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya fluktuatif akan tetapi cenderung mengalami peningkatan hasil pada hambatan 470 ohm – 3900 ohm



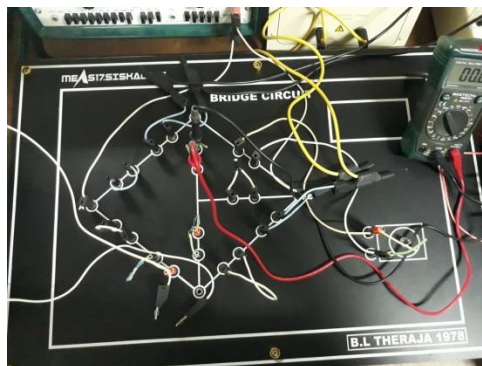
Gambar 4.26 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari generator 600 Va menggunakan rangkaian *maxwell wien bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah.

Sehingga pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus *bridge* hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan *bridge*, nilai dari masing-masing metode cukup mengalami perbedaan. Hal ini bisa jadi dikarenakan karena kemampuan dari rangkaian yang tidak dapat menghasilkan pengukuran yang akurat, atau kesalahan-kesalahan yang lain, sehingga nilai yang didapat dari *maxwell wien bridge* memiliki nilai eror yang sangat besar.

4.4.3. Rangkaian *Anderson Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada generator 600 Va, rangkaian yang digunakan menggunakan jenis *Anderson Bridge* standar yang mana rangkaianannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.18, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.27 Rangkaian *Anderson Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di daat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari generator 600 Va, sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada generator 600 Va.

R1Ω	R _s (R2)Ω	R3Ω	R4Ω	R5Ω	L1 Bridge	C1	Nilai % Eror
131600	6580	100	2000	200	0.041	0.000001	0.959
54000	6210	230	2000	200	0.024	0.000001	0.976
23582.98	5542	470	2000	200	0.017	0.000001	0.983
10500	5250	1000	2000	200	0.014	0.000001	0.986
4345.455	4780	2200	2000	200	0.011	0.000001	0.989
2010.256	3920	3900	2000	200	0.009	0.000001	0.991

R1Ω Multi tester	R1Ω LCR	L1 LCR
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07
85.3	80.8	4.07

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lengannya. Sehingga memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1/R_4 = R_2/R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{6580 \cdot 2000}{100} \\
 &= 131600 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian Anderson Bridge, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan.

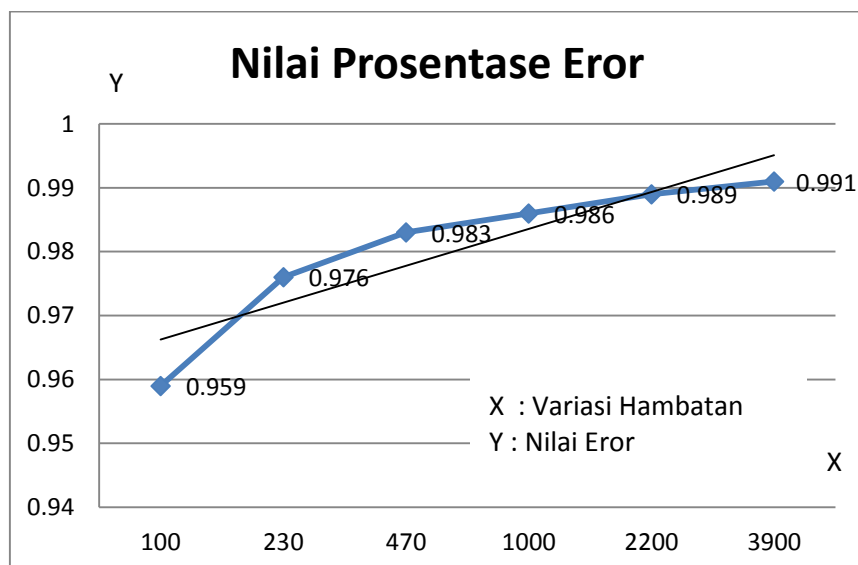
$$\begin{aligned}
 L1 &= CR2 R4 + R5 + \frac{R4R5}{R3} \\
 L1 &= 1 \cdot 6580 \cdot 2000 + 200 + \frac{2000 \cdot 200}{100} \\
 L1 &= 0,041 \text{ H}
 \end{aligned}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari generator 600 Va yang terdapat pada lab listrik kapal dan dengan menggunakan rangkaian *anderson bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R3) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktansi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter, dan L yang didapat dari metode bridge memiliki nilai yang berfariatif untuk nilai induktansinya. Dalam hal ini skala yang digunakan pada LCR 20mH-20H.

Dalam hal ini percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidak sesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian Alat}} \times 100\% \\ &= \frac{0,041 - 4,07}{4,07} \times 100\% \\ &= 0,959\% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya bervariasi pada tiap variasi hambatannya. Akan tetapi grafik menunjukkan bahwa nilai eror yang terjadi cenderung mengalami kenaikan.



Gambar 4.28 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Anderson Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari generator 600 Va menggunakan rangkaian *Anderson bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi. Rangkaian yang dikembangkan dari jembatan maxwell.

Sehingga pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus *bridge* hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan *bridge*, nilai dari masing-masing metode sangat berbeda jauh. Hal ini bisa jadi dikarenakan karena faktor-faktor yang megakibatkan perbedaan yang sangat besar. Dapat dimungkinkan bahwa pada rangkaian ini tidak cocok untuk mengukur nilai induktansi pada generator 600 VA, sehingga nilai yang didapat dari *anderson bridge* memiliki nilai eror yang sangat besar.

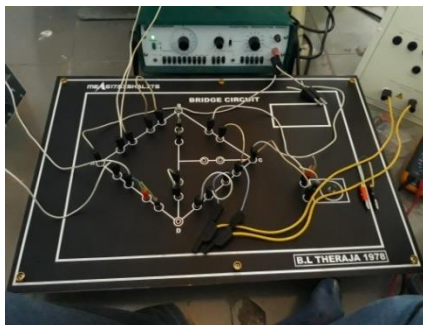
4.5. Analisa Pengujian Induktansi Motor Induksi 3Fasa 30 kW



Gambar 4.29 Motor Induksi 3 Fasa 30 kW
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

4.5.1. Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 3 fasa 30 kW, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Maxwell Inductance Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.27, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.30 Rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa 30 kW, sebagai berikut.

Tabel 4.13 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa 30 kW.

R1Ω	Rs (R2)Ω	R3Ω	R4Ω	Ls (L1)H	L4 H	Nilai % eror
4.2	2.1	100	1000	0.005	1.18	0.995
4.1	2.1	230	1000	0.005	1.18	0.995
4.5	2.1	470	1000	0.005	1.18	0.995
3.6	3.6	1000	1000	0.004	1.18	0.996
3.9	8.6	2200	1000	0.005	1.18	0.995
3.3	13	3900	1000	0.004	1.18	0.996

R1Ω Alat	R1Ω Alat	L1 Alat
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga pada bridge yang digunakan memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{2.1 \cdot 1000}{100} \\
 &= 4.2 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian *Maxweel Inductance Bridge*, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 L1 &= L4 \frac{R2}{R3} \\
 L1 &= 1.18 \frac{2.1}{100}
 \end{aligned}$$

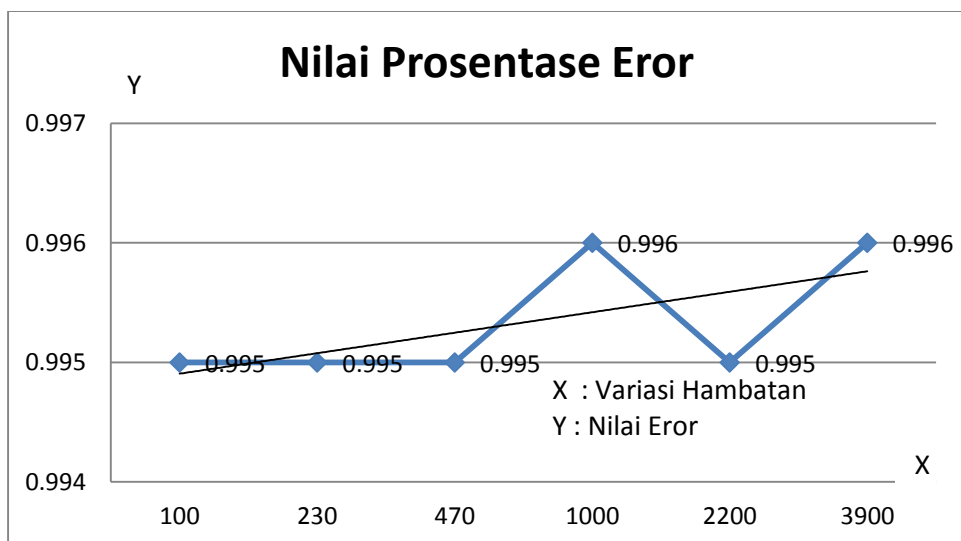
$$L1 = 0,005H$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 Fasa 30 kW yang terdapat pada *workshop* sistem perkapalan dan dengan menggunakan rangkaian *maxell inductance bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R3) dengan nilai 100 ohm – 3900 ohm, nilai induktansi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter, dan nilai L1 yang didapat dari bridge memiliki nilai yang bervariasi pada tiap variasi hambatan yang diberikan. Dalam hal ini skala yang digunakan pada LCR 20mH-20H.

Dalam hal ini percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidaksesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan, Rumus dibawah.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Perhitungan rumus} - \text{Hasil Pengujian alat}}{\text{Hasil Pengujian alat}} \times 100\% \\ &= \frac{0,005 - 0.005}{0.005} \times 100\% \\ &= 0,995\% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase error yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase error dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm.



Gambar 4.31 Prosentase nilai error antara LCR dan rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*

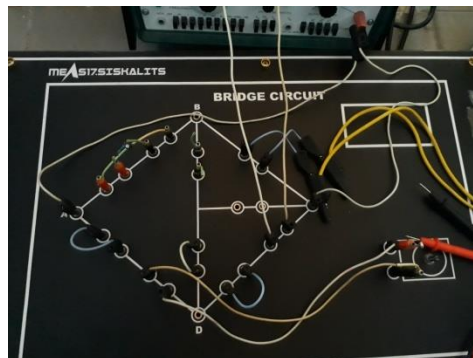
Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa 30 kW menggunakan

rangkaian *maxwell inductance bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah. Sehingga pada variasi nilai hambatan yang kecil arus yang terbentuk semakin besar dan dibutuhkan hambatan yang besar pula untuk menetralkan arus yang timbul sehingga R_s (potensiometer) memberikan hambatan yang semakin besar.

Pada hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan bridge, nilai dari masing-masing metode tidak berbeda jauh. Jika dilihat dari hasil perhitungan dan metode LCR yang digunakan sebagai pembanding maka, dapat disimpulkan bahwa rangkaian ini dapat digunakan pada pengukuran objek yang diinginkan.

4.5.2. Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada motor Induksi 3 fasa 30 kW, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Maxwell Wien Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.29, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.32 Rangkaian *Maxwell Wien Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari referensi dan modul yang digunakan di dapat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa 30 kW, sebagai berikut.

Tabel 4.14 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa 30 kW.

R1Ω	R2Ω	R3Ω Bridge	Rs (R4)Ω	Ls (L3)	(C1) 1 F	Nilai % Eror
1000	100	4.86	48.6	0.0049	0.000001	0.995
1000	230	4.69	20.4	0.0047	0.000001	0.995
1000	470	5.88	12.5	0.0059	0.000001	0.994
1000	1000	5.40	5.4	0.0054	0.000001	0.995
1000	2200	5.06	2.3	0.0051	0.000001	0.995
1000	3900	5.07	1.3	0.0051	0.000001	0.995

R1Ω Multi tester	R1Ω LCR	L1 LCR
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga pada bridge yang digunakan ini memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1 / R_4 = R_2 / R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R_3 &= \frac{R_2 \cdot R_4}{R_1} \\
 &= \frac{100 \cdot 48,6}{1000} \\
 &= 4,86\Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian *Maxweel Wien Bridge*, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut.

$$L_3 = CR_2R_4$$

$$L_3 = 0.000001 \cdot 100 \cdot 48,6$$

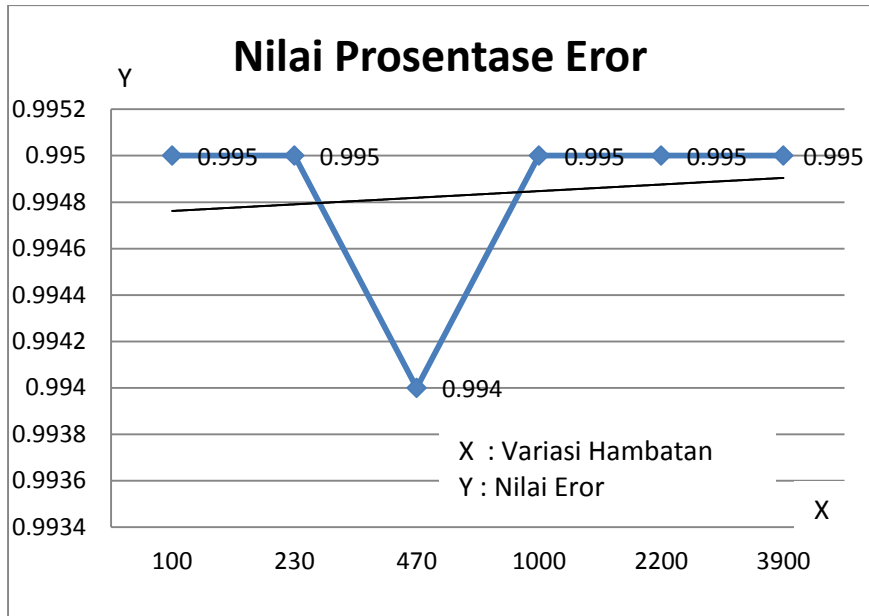
$$L_3 = 0.0049 \text{ H}$$

Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 Fasa 30 kW yang terdapat pada workshop sistim perkapalan dan dengan menggunakan rangkaian *maxell wien bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R2) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktasi (L3) yang diukur menggunakan alat LCR meter, nilai L3 didapat beberapa nilai yang bervariasi untuk nilai induktansinya. Dalam hal ini skala yang digunakan 200mH-20H.

Dalam hal ini pengukuran yang dilakukan dengan alat bridge dan dengan alat ukur LCR meter terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidak sesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan, Rumus dibawah.

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian Alat}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0049 - 0,005}{0,005} \times 100\% \\ &= 0.995\% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya konstan seiring ditambahkannya variasi hambatan pada hambatan 100-3900.



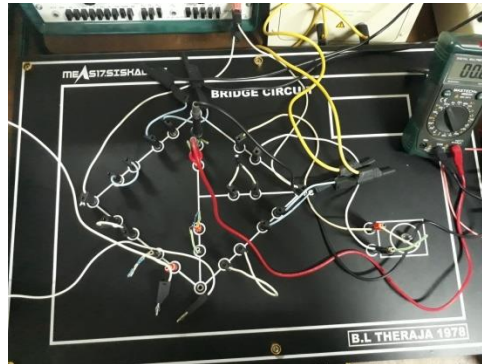
Gambar 4.33 Prosentase nilai error antara LCR dan rangkaian *Maxwell Wien Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3fasa 30 kW menggunakan rangkaian *maxwell wien bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi pada skala menengah. Dengan adanya rangkaian tambahan yaitu berupa kapasitor sebagai modifikasi dari rangkaian *maxwell inductance*.

Sehingga pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus *bridge* hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan *bridge*, nilai dari masing-masing metode tidak berbeda jauh. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa rangkaian *bridge* ini, dapat digunakan dalam pengukuran nilai induktansi dengan cukup akurat.

4.5.3. Rangkaian *Anderson Bridge*

Dalam pengujian yang dilakukan pada generator mototr induksi 3 fasa 30 kW, rangkaian yang di gunakan menggunakan jenis *Anderson Bridge* standar yang mana rangkaiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.31, dengan komponen-komponen yang dirangkai dan alat pendukung yang digunakan dalam proses pengukuran.



Gambar 4.34 Rangkaian *Anderson Bridge*
(Sumber:Foto Dari Laboratorium MEAS)

Dari refrensi dan modul yang digunakan di daat rangkaian yang dimaksudkan untuk pengujian. Kemudian dapat dilakukan percobaan dan pengambilan data untuk alat yang akan dilakukan uji pengukuran nilai induktansinya. Kali ini diambil sampel data pengujian nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa 30 kW, sebagai berikut.

Tabel 4.15 Hasil Pengamatan Pengujian Nilai Resistansi Dan Induktansi Pada Motor Induksi 3 Fasa 30 kW.

R1 Ω	R _s (R2) Ω	R3 Ω	R4 Ω	R5 Ω	L1 Bridge	C1	Nilai % Eror
19600	19.6	100	100000	200	0.0059	0.000001	0.994
12217	28.1	230	100000	200	0.0053	0.000001	0.995
7531.9	35.4	470	100000	200	0.0051	0.000001	0.995
4460	44.6	1000	100000	200	0.0054	0.000001	0.995
2386.4	52.5	2200	100000	200	0.0057	0.000001	0.994
1415.4	55.2	3900	100000	200	0.0058	0.000001	0.994

R1Ω Multi tester	R1Ω LCR	L1 LCR
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005
0.3	0.43	0.005

Bridge merupakan kesetimbangan dari 4 hambatan atau lebih. Resistor yang ada di setiap lenganya. Sehingga memiliki persamaan sebagai berikut $R_1R_3 = R_2R_4$ atau $R_1/R_4 = R_2/R_3$. Sehingga dalam menemukan nilai resistansi pada R1 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di atas.

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{R2 \cdot R4}{R3} \\
 &= \frac{19,6 \cdot 100000}{100} \\
 &= 19600 \Omega
 \end{aligned}$$

Dalam rangkaian Anderson Bridge, Nilai L juga didapat dengan menggunakan perhitungan. Dengan menggunakan.

$$\begin{aligned}
 L1 &= CR2 R4 + R5 + \frac{R4R5}{R3} \\
 L1 &= 1 \cdot 19,6 \cdot 1 + 2000 + \frac{100000 \cdot 2000}{100} \\
 L1 &= 0.0059 \text{ H}
 \end{aligned}$$

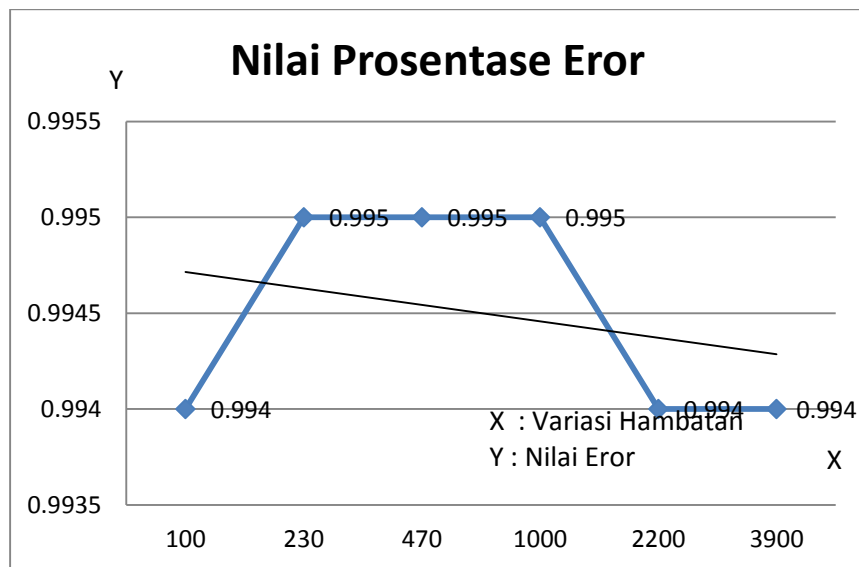
Pada percobaan yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa 30 kW yang terdapat pada *workshop* sistem perkapalan dan dengan menggunakan rangkaian *anderson bridge*. Pada tabel percobaan dengan variasi Hambatan (R3) dengan nilai 100 ohm – 3900ohm, nilai induktansi (L1) yang diukur menggunakan alat LCR meter, dan metode bridge didapatkan beberapa nilai L yang bervariasi. Dalam hal ini skala yang digunakan pada LCR meter yaitu 20mH-20H.

Dalam hal ini percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat bridge, LCR meter, serta *Multitester* terlihat memiliki perbedaan dalam hasil pengukuran untuk satu motor yang sama. Sehingga dilakukan analisa perhitungan ketidaksesuaian (error) antara kedua alat ukur tersebut, dengan menggunakan.

$$\% = \frac{\text{Perhitungan Rumus} - \text{Hasil Pengujian Alat}}{\text{Hasil Pengujian Alat}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,0059 - 0,005}{0,005} \times 100\% \\
 &= 0,994 \%
 \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan nilai prosentase eror yang dihitung, dapat dibuat grafik *trendline* prosentase eror dari setiap variasi hambatan, dapat dilihat seperti grafik dibawah ini. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada variasi hambatan 100ohm – 3900ohm, bahwa nilai erornya konstan pada beberapa variasi hambatannya. Serta nilai erornya cenderung konstan atau sama, dikarenakan nominalnya yang sama dengan LCR.



Gambar 4.35 Prosentase nilai eror antara LCR dan rangkaian *Anderson Bridge*

Dapat disimpulkan bahwa pada proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur nilai induktansi dari motor induksi 3 fasa- 30 kW menggunakan rangkaian *Anderson bridge* yang sudah dijelaskan mengenai rangkaian ini pada bab 2 tinjauan pustaka bahwa rangkaian ini, merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur nilai induktansi yang merupakan modifikasi dari rangkaian *Maxwell Inductance Bridge*.

Pada pengujian pengukuran nilai induktansinya yang terbaca menggunakan LCR meter dan pada perhitungan menggunakan rumus *bridge* hasil komparasi nilai yang dapat dilihat dari pengukuran alat LCR meter dan hasil perhitungan menggunakan *bridge*, nilai dari masing-masing metode tidak berbeda jauh. Hal ini bisa jadi dikarenakan nilai induktansi dari perhitungan rumus untuk motor bergantung pada nilai R_s , kapasitor, serta faktor lain yang mengakibatkan hasil dari perhitungan *bridge* dan LCR meter yang digunakan sebagai alat pembanding, mengukur nilai L yang sangat berbeda. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rangkaian yang digunakan dapat difungsikan dalam perhitungan nilai L secara akurat.

4.6. Analisa Pengujian Menggunakan *Maxwell Inductance*, *Maxwell Wien*, dan *Anderson Bridge*

4.6.1. *Maxwell Inductance Bridge*

Setelah dilakukan pengujian beberapa objek untuk mengetahui apakah bridge yang digunakan dapat digunakan sebagai standar pengukuran, dengan alat ukur digital sebagai pembanding, didapatkan hasil bahwa dalam pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa jembatan ini memiliki karakteristik yang sesuai seperti dijelaskan secara teoritis, bahwa rangkaian maxwell inductance bridge digunakan pada pengukuran induktansi dalam skala menengah. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran induktansi yang dilakukan memiliki nilai yang serupa dan bahkan lebih teliti, pada motor Induksi 3 Fasa-Sangkar Tupai, motor Induksi 1 Fasa-Bifillar Wound, Motor Induksi Fasa 1PK, Generator 600 Va dan Motor Induksi 3 Fasa- 30 kW. Dengan ini menunjukkan bahwa Maxwell Inductance Bridge dapat digunakan dalam pengukuran untuk motor yang memiliki daya 0.6kW sampai dengan motor yang memiliki daya 30 kW.

4.6.2. *Maxwell Wien Bridge*

Setelah dilakukan pengujian beberapa objek untuk mengetahui apakah bridge yang digunakan dapat digunakan sebagai standar pengukuran, dengan alat ukur digital sebagai pembanding, didapatkan hasil bahwa dalam pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa jembatan ini memiliki karakteristik yang sesuai seperti dijelaskan , bahwa rangkaian maxwell wien bridge yang dengan adanya capasitor pada rangkaiannya digunakan pada pengukuran induktansi dalam skala menengah seperti halnya maxwell inductance. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran induktansi yang dilakukan memiliki nilai yang serupa dan bahkan lebih teliti, pada , pada motor Induksi 3 Fasa-Sangkar Tupai, motor Induksi 1 Fasa-Bifillar Wound, Motor Induksi Fasa 1PK, Motor Induksi 3 Fasa- 30 kW. Dengan ini menunjukkan bahwa Maxwell Wien Bridge dapat digunakan dalam pengukuran untuk motor yang memiliki daya hingga 30 kW, atau peralatan listrik yang memiliki daya berkisar di antara 0,6 kW hingga 30kW. Pada jembatan ini jika digunakan dalam pengukuran induktansi pada Q yang sangat besar, nilai dari R akan sangat besar, sehingga mempengaruhi hasil induktansi yang didapat dari perhitungan.

4.6.3. *Anderson Bridge Bridge*

Setelah dilakukan pengujian beberapa objek untuk mengetahui apakah bridge yang digunakan dapat digunakan sebagai standar pengukuran, dengan alat ukur digital sebagai pembanding, didapatkan hasil bahwa dalam pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa jembatan ini memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan kedua metode yang lainnya, bahwa rangkaian anderson bridge yang memiliki kapasitor dan R5 pada rangkaiannya digunakan pada pengukuran induktansi yang dikembangkan dari jembatan maxwell. Pada pengujian ini dibuktikan dengan hasil pengukuran induktansi yang dilakukan memiliki nilai yang lebih teliti. Pada motor induksi 1 Fasa-0,74 kW, Motor Induksi 3 Fasa-30 kW. pada pengujian pada motor yang dilakukan dengan metode yang lain kedua bridge lain hasil yang ditunjukkan memiliki nilai eror yang sangat bbesar. Dengan ini menunjukkan bahwa Anderson Bridge dapat digunakan dalam pengukuran untuk motor yang memiliki daya 1kW, atau peralatan listrik yang memiliki daya berkisar di antara 1-30 kW. Pada rangkaian ini tidak terlalu cocok dalam pengukuran motor atau peralatan yang memiliki daya cukup kecil. Sehingga hanya terbatas pada pengukuran peralatan yang berdaya menengah hingga tinggi.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini akan diuraikan mengenai kesimpulan dan saran dari proses percobaan yang dilakukan dan analisis hasil pengumpulan data.

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses pembuatan alat ukur, perbaikan, percobaan, pengambilan data, serta hasil analisa dari data yang diambil selama percobaan pada beberapa peralatan listrik yang ada di laboratorium listrik kapal, maka dapat dalam hal ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian pengukuran pada beberapa peralatan listrik yang ada didapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Pada pengujian nilai induktansi pada motor induksi 3 fasa-sangkar tupai, menggunakan 3 rangkaian bridge. Sebelumnya diukur dengan menggunakan LCR meter Nilai $L=0,297$ H, dan dengan Maxwell Inductance nilai $L= 0,288$ H, Maxwell Wien nilai $L= 0,297$ H, dan Anderson nilai $L= 0,054$ H. Sehingga dalam hal ini *Maxwell Inductance dan Maxwell Wien bridge* dapat digunakan sebagai pengukuran yang akurat.
 - b. Pada pengujian nilai induktansi pada motor induksi 1 fasa-bifiliar wound, menggunakan 3 rangkaian bridge. Sebelumnya diukur dengan menggunakan LCR meter Nilai $L=0,43$ H, dan dengan Maxwell Inductance nilai $L= 0,042$ H, Maxwell Wien nilai $L= 0,042$ H, dan Anderson nilai $L= 0,030$ H. Sehingga dalam hal ini *maxwell inductance dan Maxwell Wien bridge* dapat digunakan sebagai pengukuran yang akurat.
 - c. Pada pengujian nilai induktansi pada motor induksi 1 fasa 1 PK, menggunakan 3 rangkaian bridge. Sebelumnya diukur dengan menggunakan LCR meter Nilai $L=0,024$ H, dan dengan Maxwell Inductance nilai $L= 0,022$ H, Maxwell Wien nilai $L= 0,020$ H, dan Anderson nilai $L= 0,023$ H. Sehingga dalam hal ini *maxwell inductance, maxwell wien bridge dan anderson bridge* dapat digunakan sebagai pengukuran yang akurat.
 - d. Pada pengujian nilai induktansi pada generator 600 Va, menggunakan 3 rangkaian bridge. Sebelumnya diukur dengan menggunakan LCR meter Nilai $L=4,07$ H, dan dengan Maxwell Inductance nilai $L= 4,02$ H, Maxwell Wien nilai $L= 1,00$ H, dan Anderson nilai $L= 0,041$ H. Sehingga dalam hal ini *maxwell inductance dan anderson bridge* dapat digunakan sebagai pengukuran yang akurat.

- e. Pada pengujian nilai induktansi pada motor induksi 3 fasa 30 kW, menggunakan 3 rangkaian bridge. Sebelumnya diukur dengan menggunakan LCR meter Nilai $L=0,005$ H, dan dengan Maxwell Inductance nilai $L= 0,005$ H, Maxwell Wien nilai $L= 0,0049$ H, dan Anderson nilai $L= 0,0059$ H. Sehingga dalam hal ini *maxwell inductance*, *maxwell wien bridge*, dan *anderson bridge* dapat digunakan sebagai pengukuran yang akurat

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada hasil analisis pada pengukuran nilai induktansi menggunakan metode bridge, yaitu:

1. Pada pengujian yang dilakukan pada beberapa objek dirasakan penulis masih banyak kekurangan, kelemahan hingga kesalahan. Sehingga hasil yang diperoleh kurang maksimal.
2. Pada pengujian yang dilakukan masih terbatas pada objek yang digunakan. Penulis berharap peralatan bridge yang telah ada dapat digunakan pada dalam pengukuran peralatan yang lebih baik.
3. Rangkaian yang digunakan masih jauh dalam kata sempurna dikarenakan masih banyak menggunakan perangkat perangkat yang kurang rapi.

Daftar Pustaka

- Young, Hugh D. dan Freedman, Roger A. 2001. *Fisika Universitas, edisi 10, jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Tipler, Paul A. 1986. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*, Edisi ketiga, Erlangga Ciracas-Jakarta.
- Fitzgerald, A.E, Higginbotham, David E, Grabel, Arvin, dan Silababan, Pantur. 1981. *Dasar-Dasar Fisis Rangkaian Listrik*, Edisi 5, Jilid 1. Erlangga Ciracas-Jakarta.
- Holman, JP, 1984. *Metode Pengukuran Teknik*, Erlangga. Jakarta.
- Theraja BL., 1978: *A Text-book of Electrical Technology*, 17th Revised Edition, S. Chand & Company Ltd, Ram Nagar, New Delhi, 1978.
- Cooper, William D. 1985. *ELECTRONIC INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT*, edisi 2, jilid 2. Prentice-Hall, Inc, USA.
- Roadstrum, William H. Dan Wolaver, H. 1987. *ELECTRICAL ENGINEERING FOR ALL ENGINEERS*, 1987.
- Watson GO., 1990: *Marine Electrical Practice*. Butterworth-Heinemann Ltd.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Surabaya, 04 Juli 1994. Seorang anak pertama dari 2 bersaudara. Riwayat pendidikan berawal dari SDN Gelam 2 Candi-Sidoarjo di tahun 2000, lalu melanjutkan ke jenjang menengah di SMP Muhammadiyah 1 Sidoarjo pada tahun 2006 kemudian melanjutkan pendidikan atas di SMAN 1 Purwosari pada tahun 2009 dengan jurusan yang ditempuh adalah Ilmu Pengetahuan Alam. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan tinggi di PPNS-ITS jurusan D3 perancangan dan konstruksi kapal pada tahun 2010, setelah menyelesaikan studi D3 penulis melanjutkan pendidikan S1 di departemen system perkapalan ITS pada tahun 2015. Untuk menyelesaikan pendidikan S1 ini penulis mengambil skripsi di bidang *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*. Dalam mengerjakan tugas akhir bidang tersebut merupakan minat penulis karena ingin mengembangkan studi tentang pengukuran peralatan listrik dengan alat yang baru yang dapat sebagai inovasi di dunia maritime. Semasa perkuliahan penulis aktif di jurusan himpunan teknik perancangan dan konstruksi kapal. Penulis juga tertarik dengan komunitas roda dua, yang dikarenakan penulis juga memiliki kebiasaan traveling dengan menggunakan roda dua, dikarenakan terasa lebih menantang dan berkesan.