

ANALISIS PERCEPATAN PENUAAN ISOLASI AKIBAT PENGARUH KELEMBABAN DAN KONTAMINAN PADA MOTOR INDUKSI BERBEBAN



Oleh :
Dapis
2213201202

Pembimbing:

Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.

Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc.

Outline of the Presentation

I. PENDAHULUAN

- A. Tujuan dan Kontribusi
- B. Tinjauan Pustaka

II. METODE YANG DIUSULKAN

- A. Desain dan Kontruksi Pengujian
- B. Pengujian Kualitas Isolasi

III. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

- A. Hasil Pengujian
- B. Analisis

IV. KESIMPULAN



PENDAHULUAN



1. Megger Test - PI
2. Surge Test – EAR
3. LCR Test

Biaya Pemeliharaan

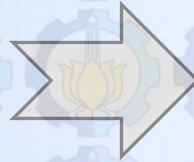


Frekuensi kerusakan



PENDAHULUAN

Tekanan Lingkungan



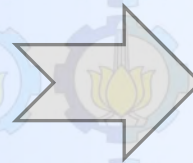
- Kelembaban tinggi
- Kontaminan
- Minyak bearing
- Udara korosif
- Radiasi

Tekanan Mekanis



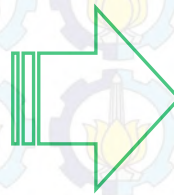
- Vibrasi mesin
- Gaya magnetik stator
- Gaya sentrifugal rotor
- Temperatur belitan > temperatur rating isolasi

Tekanan Thermal



PENDAHULUAN (Tujuan)

Mengidentifikasi dampak signifikan percepatan penuaan isolasi motor berbeban terhadap pengaruh kelembaban dan kontaminan



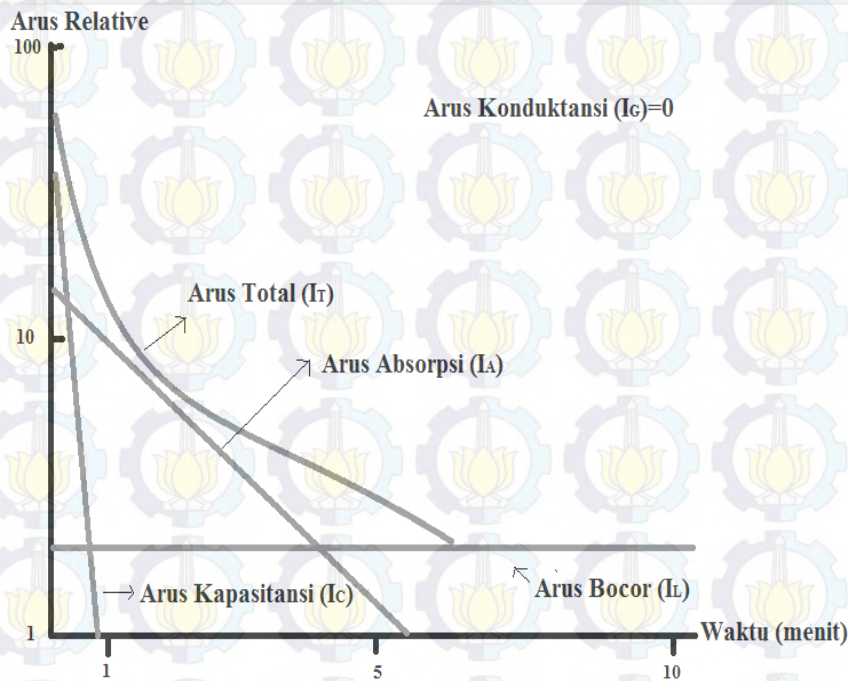
PENDAHULUAN (Kontribusi)

1. Menjadi referensi baru untuk menganalisa percepatan penuaan isolasi motor berbeban menggunakan kombinasi metode *Polarization Indeks (PI)*, tes surja dan pengukuran LCR
2. Membantu operator industri untuk mengantisipasi pengaruh kelembaban & kontaminasi terhadap percepatan penuaan isolasi motor



PENDAHULUAN (Tinjauan Pustaka)

Penelitian [1] , [5] adalah paper yang menjelaskan tentang prinsip dan urutan pengujian untuk mendiagnosis kondisi isolasi motor.



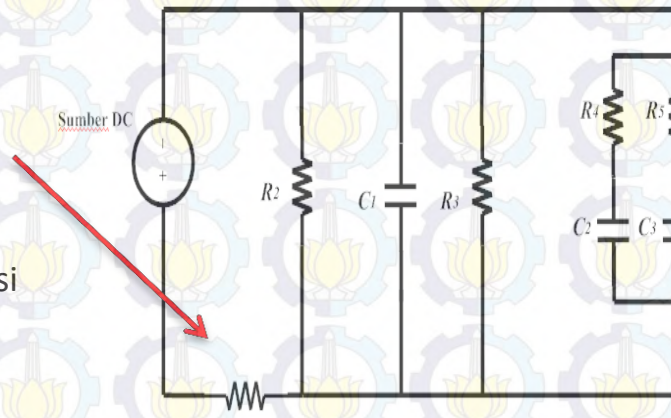
Dari keempat arus searah tersebut hanya arus absorpsi dan arus bocor permukaan dijadikan sebagai acuan perhitungan.



PENDAHULUAN (Tinjauan Pustaka)

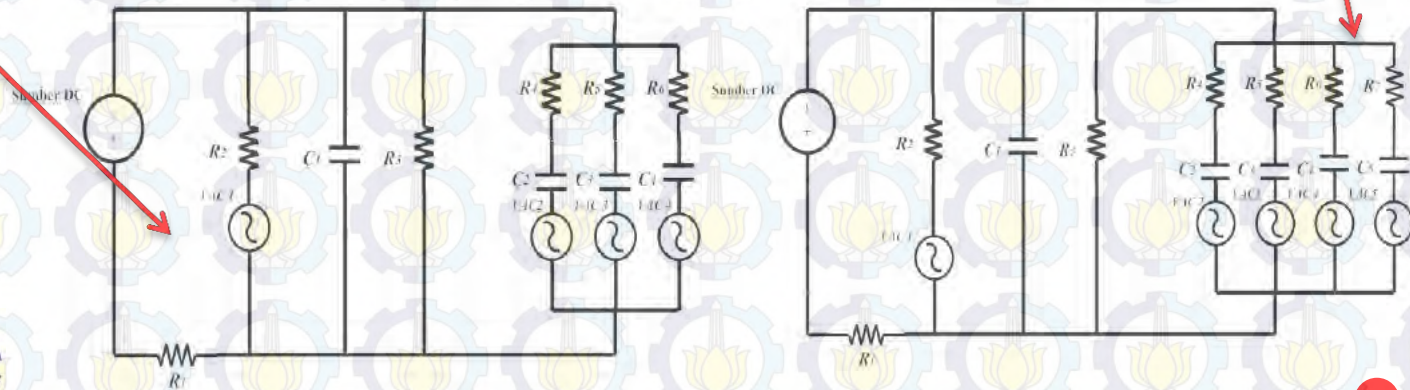
Penelitian [2] adalah paper-paper yang menjelaskan tentang simulasi sistem isolasi dalam berbagai kondisi lingkungan di laboratorium.

Rangkaian Ekuivalen Tahanan Isolasi Motor Saat Ada Normal



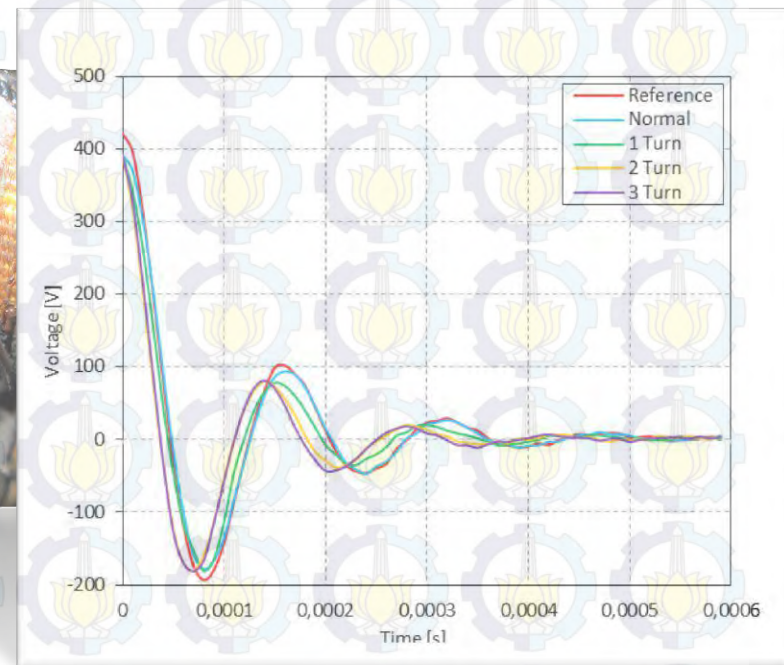
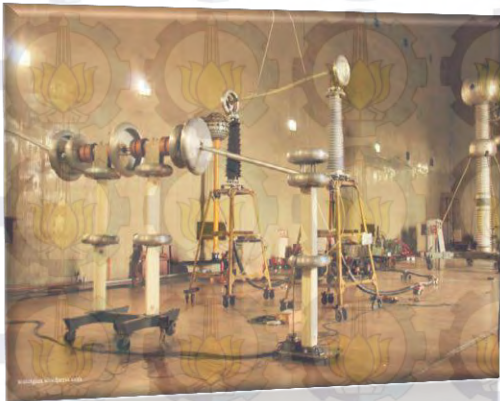
Rangkaian Ekuivalen Tahanan Isolasi Motor Saat Ada Kontaminasi

Rangkaian Ekuivalen Tahanan Isolasi Motor Saat Ada Kelembaban



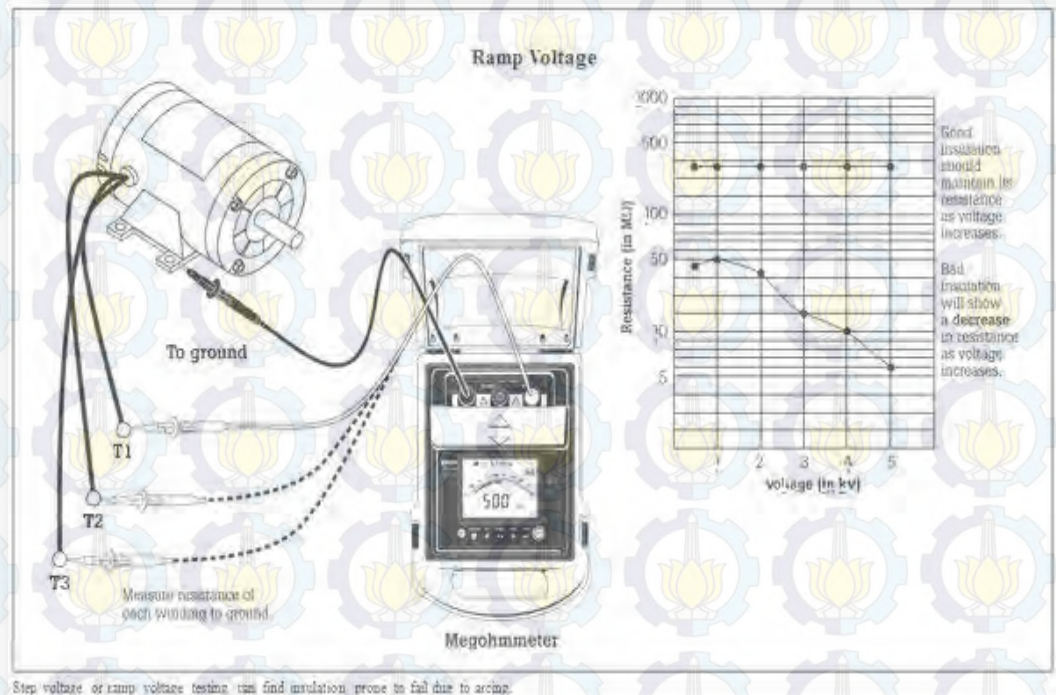
PENDAHULUAN (Tinjauan Pustaka)

Penelitian [3,4,11] adalah paper-paper yang menjelaskan tentang dampak pengujian tegangan impuls terhadap gangguan belitan isolasi.



PENDAHULUAN (Tinjauan Pustaka)

Penelitian [6,7,8] adalah paper dan buku petunjuk menjelaskan tentang standar IEEE untuk mendiagnosa dan pengujian tahanan isolasi.



METODE YANG DIUSULKAN

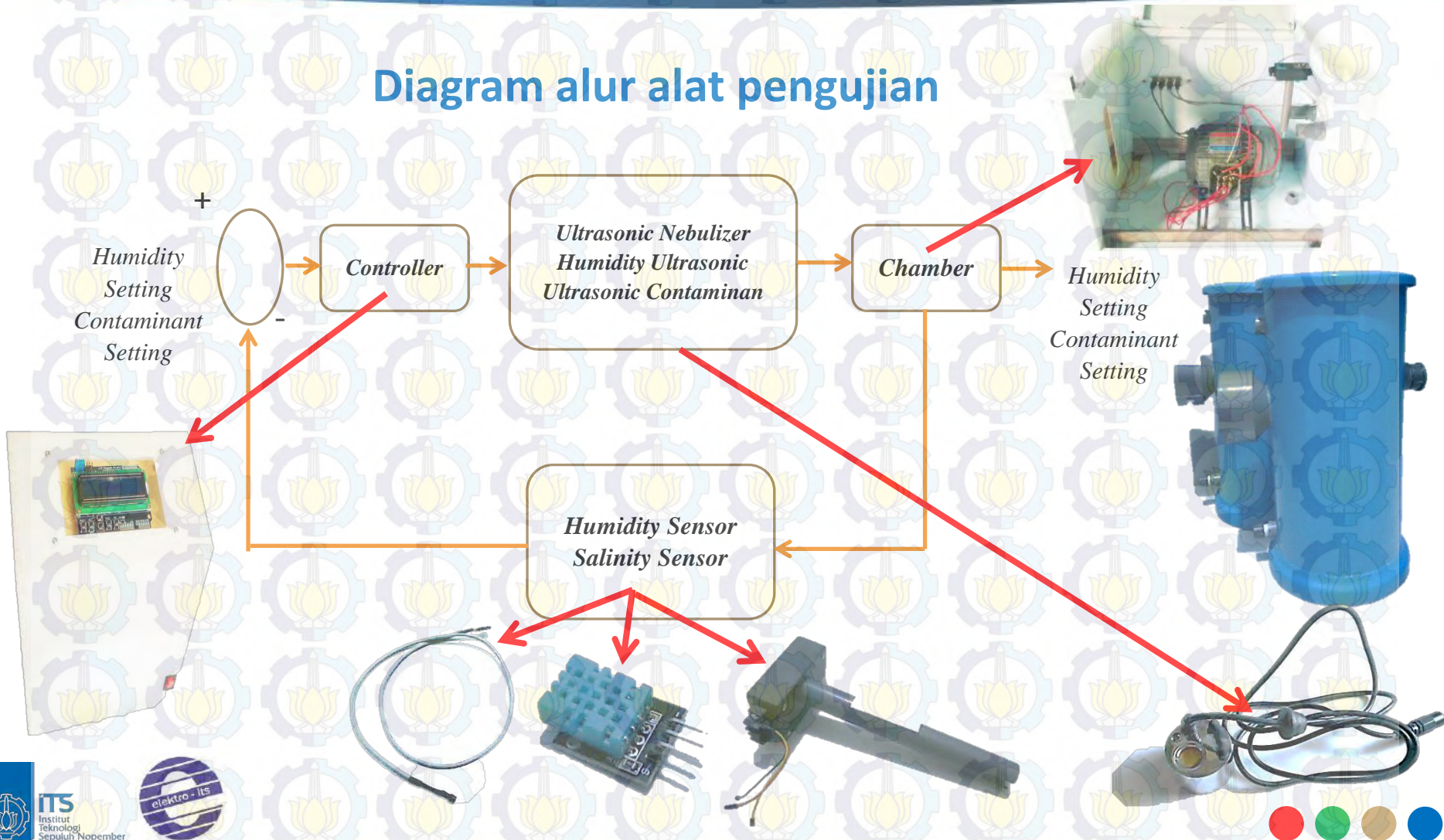


Pengaruh Kelembaban Tinggi
Pengaruh Kelembaban dan Kontaminan Garam

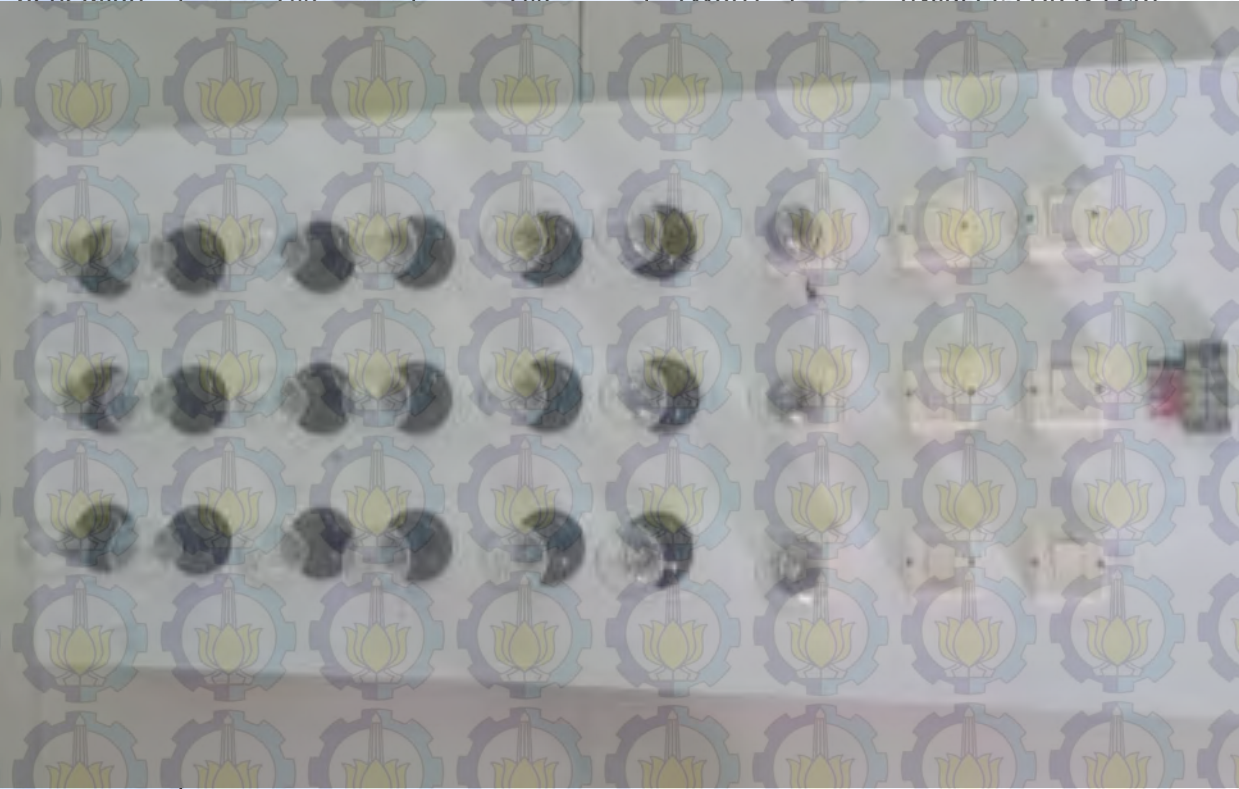


METODE YANG DIUSULKAN

Diagram alur alat pengujian



METODE YANG DIUSULKAN

Durasi pengujian	Kelembaban (%)	Kontaminan (%)	Beban (Watt)	Keterangan (Nilai PI, FAR & LCR)					
									
					* Proses pendinginan, pengukuran dan persiapan pengujian kembali selama 4 jam				
					**Pengujian ini terus dilakukan hingga belitan isolasi menunjukkan tren penurunan				



METODE YANG DIUSULKAN

Nilai Tahanan Isolasi (*Insulation Resistance*) dan Indeks Polarisasi (*Polarization Index*).

$$IR_{min} = 5 M\Omega$$

$$PI = \frac{\text{Pengukuran tahanan isolasi saat 10 menit}}{\text{Pengukuran tahanan isolasi saat 1 menit}}$$



METODE YANG DIUSULKAN

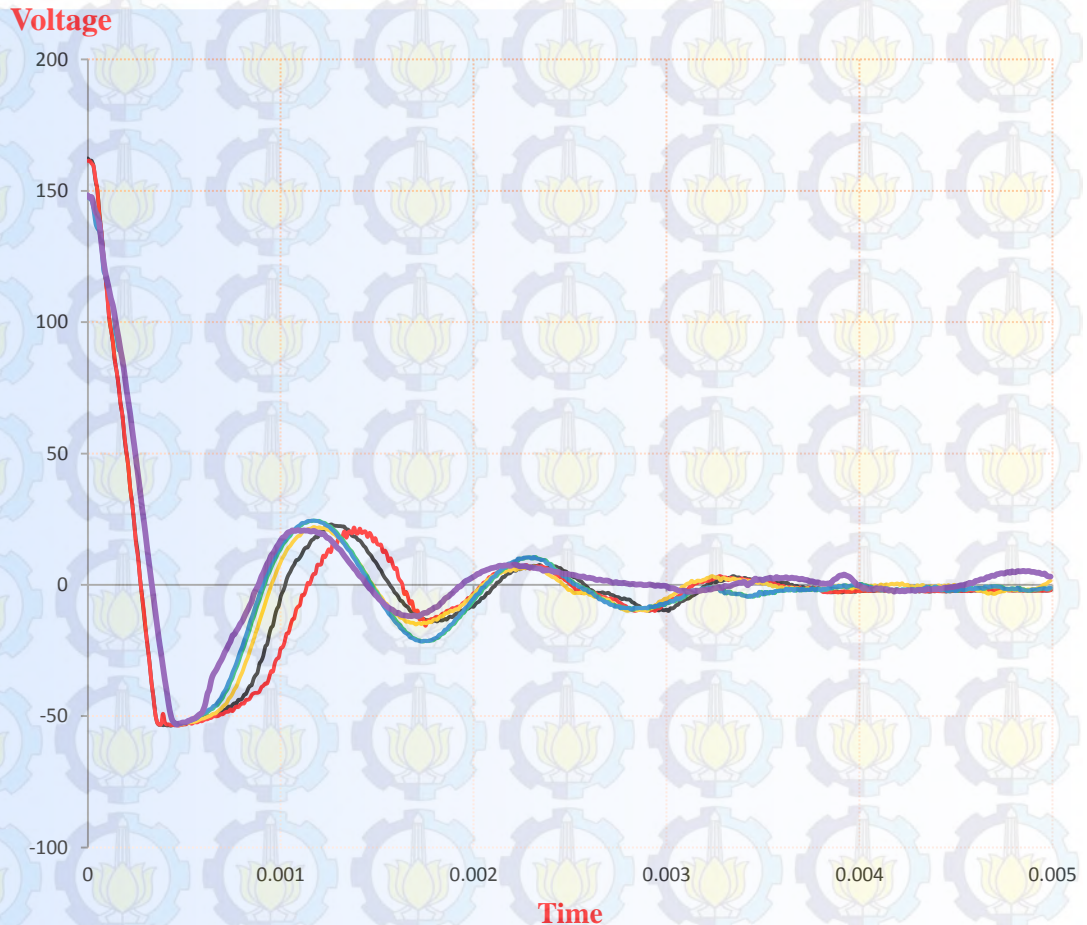


METODE YANG DIUSULKAN

Tes Respon Osilasi (Surge Test) dan Error Area Rasio (EAR)

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Dengan memanfaatkan perubahan frekuensi dan amplitudo pada gelombang osilasi akibat pengurangan nilai impedansi belitan, tes respon osilasi mendeteksi terjadinya *turn fault* dan penurunan kualitas isolasi pada belitan motor induksi.



METODE YANG DIUSULKAN

Error Area Ratio merupakan sebuah metode analisa gelombang yang sangat sensitif terhadap perbedaan dalam dua gelombang, sehingga metode ini digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan antara dua gelombang yang sulit dibedakan dengan kasat mata

$$EAR = \frac{\left| \sum_{i=1}^N |F_i^{(1)}| - \sum_{i=1}^N |F_i^{(2)}| \right|}{\sum_{j=1}^N |F_j^{(1)}|} \times 100$$

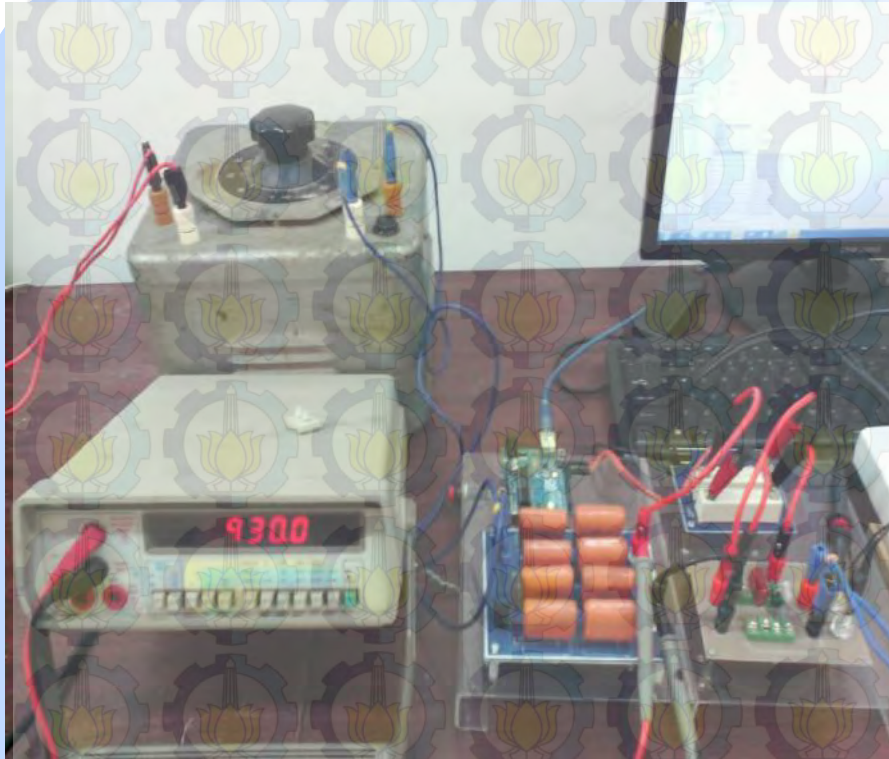
dimana :

$F_i^{(1)}$: poin ke-i pada gelombang referensi

$F_i^{(2)}$: poin ke-i pada gelombang pengujian



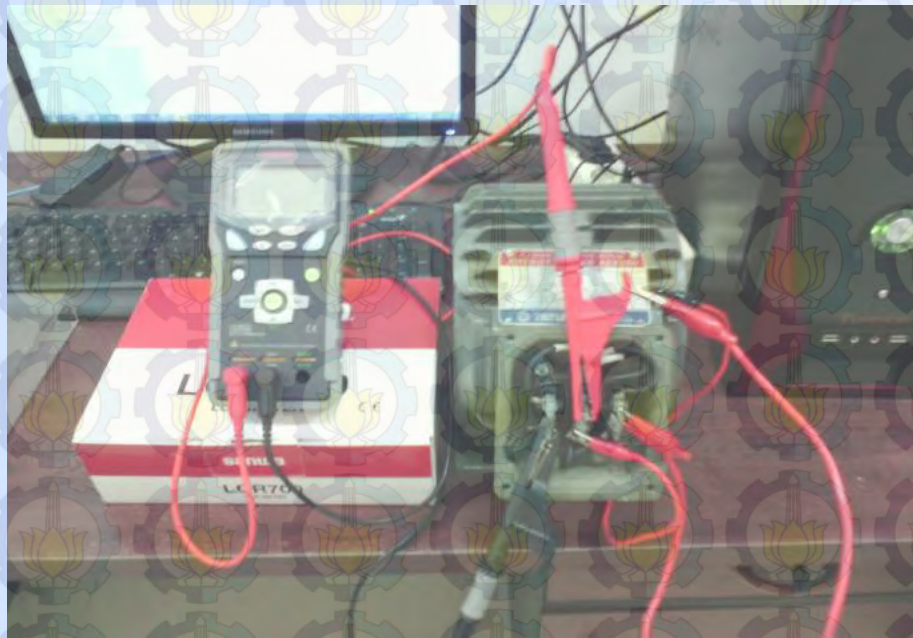
METODE YANG DIUSULKAN



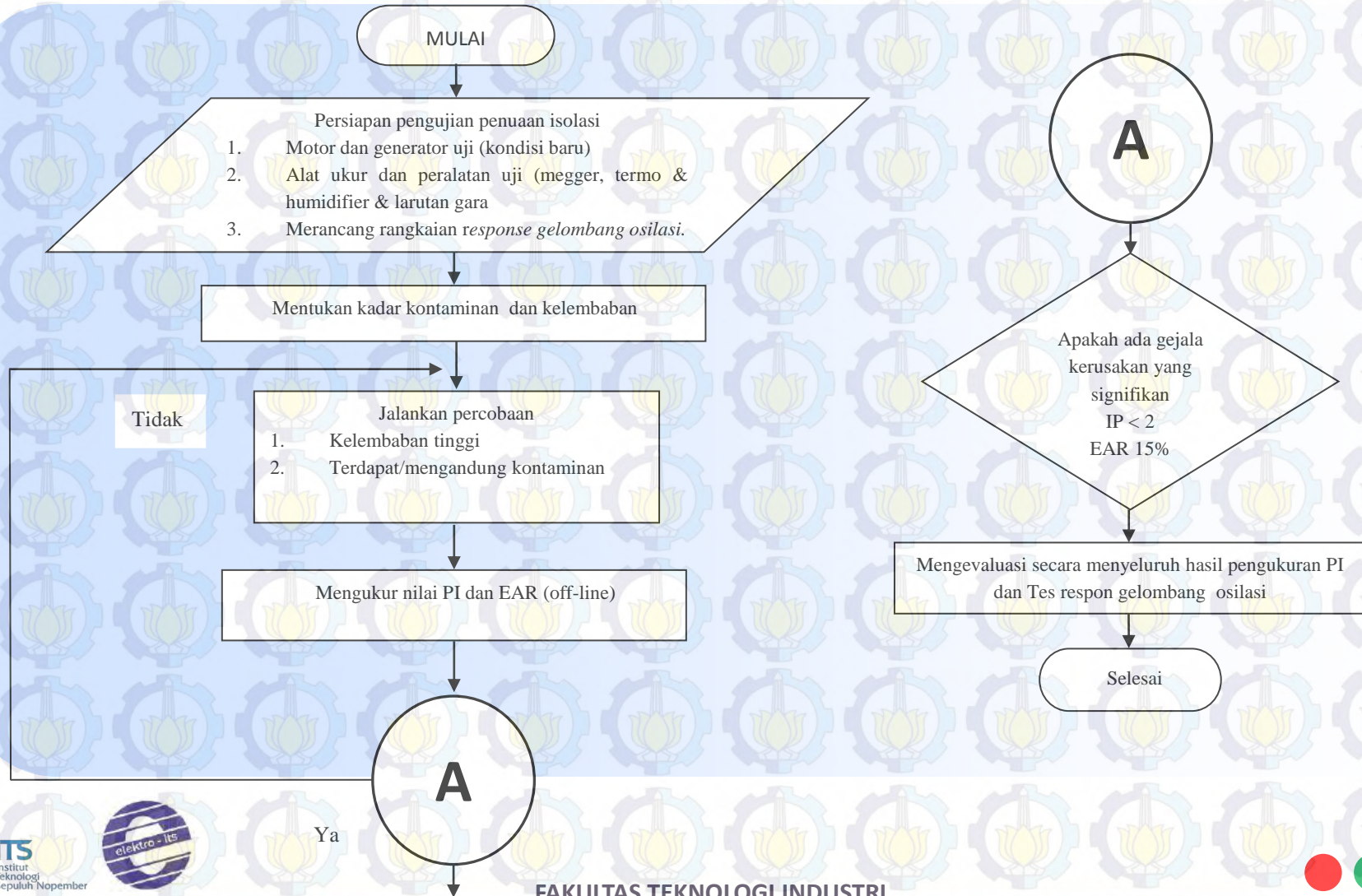
Pengujian surja dengan mengukur nilai EAR terhadap belitan.

METODE YANG DIUSULKAN

Pengukuran nilai LCR terhadap belitan



METODE YANG DIUSULKAN



HASIL PENGUJIAN

Hasil percobaan pertama untuk motor dengan pengaruh kelembaban tinggi.

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Temperatur Belitan Stator (°C)	Temperatur Udara Chamber (°C)	Kelembaban (%)
1	40.34	29	60
2	42.02	34	62
3	39	28	70
4	30.2	27	70
5	35.03	29.4	72



HASIL PENGUJIAN

Hasil percobaan kedua untuk motor dengan pengaruh kelembaban dengan kontaminasi garam

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Temperatur Belitan Stator (°C)	Temperatur Udara Chamber (°C)	Kelembaban Tinggi (%)	Kelembaban dan kontaminan (%)
1	29.22	29	61	2
2	30.32	29	70	2
3	35.4	28	70	3
4	30.2	30	75	3
5	31.03	29.4	72	3

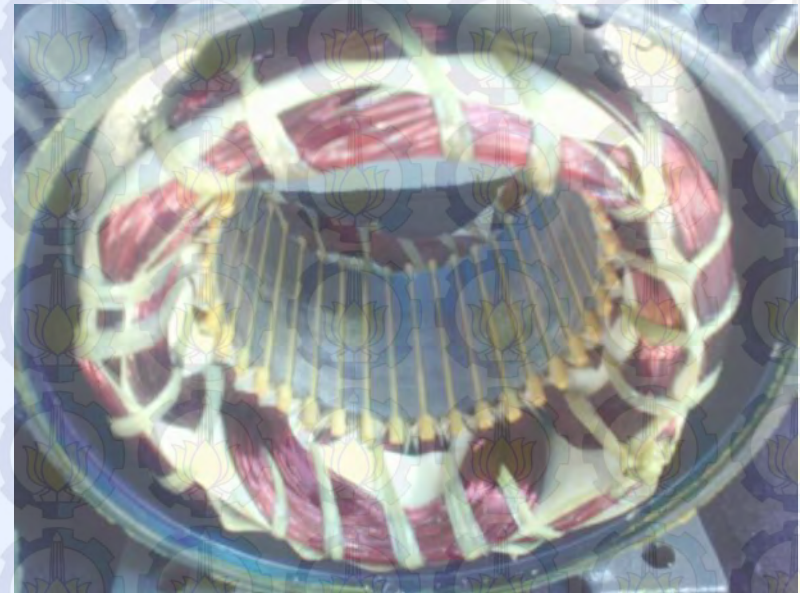


HASIL PENGUJIAN

Kondisi Normal (Baru)



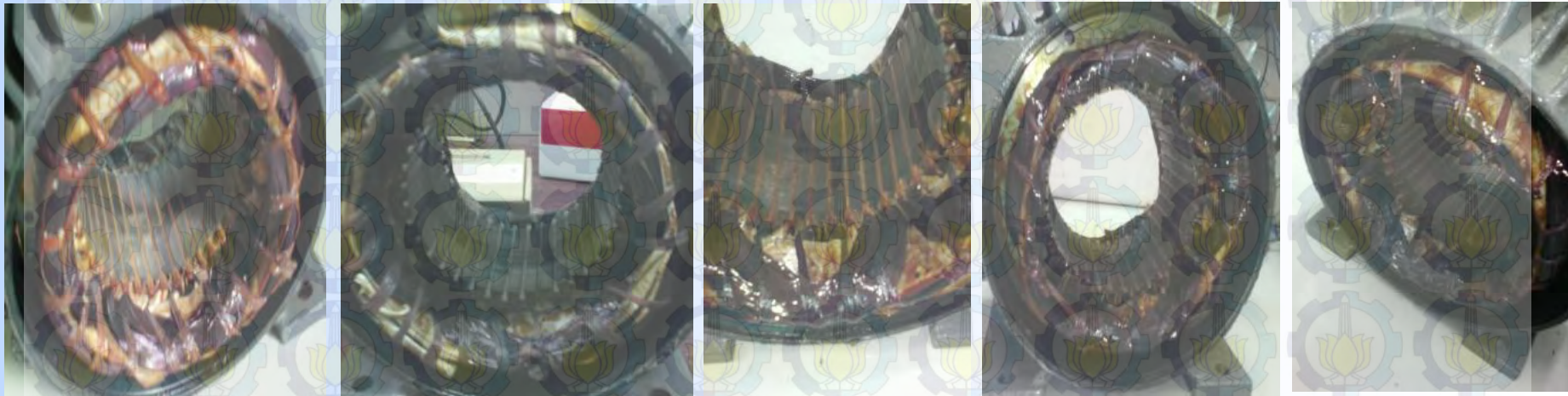
Motor Kelembaban



Motor Kontaminan

HASIL PENGUJIAN

Kondisi motor pada pengujian 1 – 5 Kelembaban Tinggi



1

2

3

4

5

HASIL PENGUJIAN

Kondisi motor pada pengujian 1 – 5 Kontaminan Garam



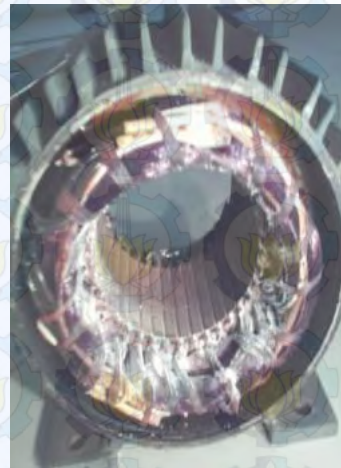
1



2



3



4



5



HASIL PENGUJIAN (IR)

Hasil pengukuran tahanan isolasi pada skema percobaan untuk motor dengan pengaruh kelembaban tinggi

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Tahanan Isolasi			Tahanan Isolasi		
	Saat 1 Menit			Saat 10 Menit		
	Fasa U (M Ω)	Fasa V (M Ω)	Fasa W (M Ω)	Fasa U (M Ω)	Fasa V (M Ω)	Fasa W (M Ω)
Normal	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000
1	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000
2	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000
3	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000
4	> 10.000	463	2390	> 10.000	2753	6740
5	320	79.4	3150	2080	425	3540



HASIL PENGUJIAN (IR)

Hasil pengukuran tahanan isolasi pada skema percobaan untuk motor dengan pengaruh kelembaban dengan kontaminan

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Tahanan Isolasi Saat 1 Menit			Tahanan Isolasi Saat 10 Menit		
	Fasa U (MΩ)	Fasa V (MΩ)	Fasa W (MΩ)	Fasa U (MΩ)	Fasa V (MΩ)	Fasa W (MΩ)
	Normal	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000
1	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000
2	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000
3	602	> 10.000	> 10.000	610	> 10.000	> 10.000
4	259	291	230	262	1100	1280
5	7550	423	3440	652	980	7.600



HASIL PENGUJIAN (PI)

Hasil pengukuran tahanan isolasi pada skema percobaan untuk motor dengan pengaruh kelembaban dengan kontaminan

Standar Fluke Corporation - 2007

Rentang Nilai PI	Kondisi Isolasi
< 1.0	Sangat Buruk (Berbahaya)
1.0 – 2.0	Buruk
2.0 – 4.0	Baik
> 4.0	Sangat Baik

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Polarization Indeks (PI)					
	Kelembaban Tinggi			Kelembaban dengan Kontaminan		
	Fasa U (MΩ)	Fasa V (MΩ)	Fasa W (MΩ)	Fasa U (MΩ)	Fasa V (MΩ)	Fasa W (MΩ)
Normal	OL	OL	OL	OL	OL	OL
1	OL	OL	OL	OL	OL	OL
2	OL	OL	OL	OL	OL	OL
3	OL	OL	OL	1,0	OL	OL
4	OL	5,9	2,8	1,0	3,8	5,6
5	6,5	5,4	1,1	0,09	2,3	2,2



HASIL PENGUJIAN (EAR)

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Luasan area motor kondisi kelembaban					
	U-U	V-V	W-W	U-V	U-W	V-W
Refrensi	67387.5	64010.3	79955.9	127819.2	122098.9	115571.6
1	68430.6	65619.4	78705.9	98368.2	101660.6	104334.9
2	54465.2	44479.9	58877.9	77194.9	79761.9	85429.3
3	18751.7	28978.18	32196.1	51917.9	55779.83	53845.02
4	48812	44691.17	83522.6	87664.6	82025.79	85372.37
5	44685.5	44639.2	75682.7	83105.0	82444.0	86220.43



HASIL PENGUJIAN (EAR)

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Luasan area motor kondisi kontaminan					
	U-U	V-V	W-W	U-V	U-W	V-W
Refrensi	67387.46	64010.31	79955.8	123084	121608	126213
1	57780.22	60602.04	68322.0	81012.6	83572.5	87099.3
2	45839.56	51616.54	48283.6	86191.8	83989.3	66390.7
3	44046.92	48605.6	45332.0	86340.2	82294.24	91265.6
4	39545.48	33172.74	37855.9	76544.7	69453.3	76570.1
5	45788.83	45716.41	46477.8	71606.44	94341.25	87156.2



HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Hasil perhitungan nilai test-Ref EAR

Percobaan	Test-Ref EAR Kondisi kelembaban tinggi (%)			Test-Ref EAR Kondisi kontaminan (%)		
	U-U	V-V	W-W	U-U	V-V	W-W
1 x 6 jam ke-						
1	1.5	2.5	1.6	15	9.4	10.2
2	19.2	30.5	26.4	32.6	22.8	36.5
3	72.2	54.7	59.7	35.2	27.3	40.4
4	27.6	30.2	4.5	41.8	50.4	50.2
5	33.7	30.3	5.3	32.6	31.6	38.9

Aplikasi	Standar	EAR%
per fasa	REF	max 20%
antar fasa	L-L	max 15%



HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Hasil perhitungan nilai Line-line EAR Kelembaban

Percobaan	Line to Line EAR (L-L EAR) Kondisi kelembaban tinggi (%)					
	UV-UW	UV-VW	UW-UV	UW-VW	VW-UV	VW-UW
1 x 6 jam ke-						
Normal	4.7	10.6	4.5	5.6	9.6	5.3
1	3.2	5.7	3.3	2.6	6.1	2.6
2	3.2	9.6	3.3	6.6	10.7	7.1
3	6.9	3.6	7.4	3.6	3.7	3.5
4	6.9	2.7	6.4	3.9	2.6	4.1
5	0.8	3.6	0.8	4.4	3.7	4.6



HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Hasil perhitungan nilai Line-line EAR Kontaminan

Percobaan	Line to Line EAR (L-L EAR) Kondisi kontaminan (%)					
	UV-UW	UV-VW	UW-UV	UW-VW	VW-UV	VW-UW
1 x 6 jam ke-						
Normal	1.2	2.5	1.2	3.6	2.5	3.8
1	3.1	6.9	3.2	4.0	7.5	4.2
2	2.6	29.8	2.6	26.5	22.9	20.9
3	4.9	5.4	4.7	9.8	5.7	10.9
4	10.2	0.03	9.3	9.3	0.03	10.2
5	24.1	17.8	31.7	8.2	21.7	7.6



HASIL PENGUJIAN LCR

Motor Kelembaban

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Induktansi (mH)					
	U-U	V-V	W-W	U-V	U-W	V-W
Normal	24.26	23.54	23.19	56.470	55.37	54.88
1	24.23	23.56	23.19	53.109	56.43	54.89
2	24.23	23.56	23.19	56.430	55.35	54.84
3	24.24	23.14	23.50	56.370	55.28	54.78
4	24.23	23.24	23.25	56.370	55.28	54.78
5	24.25	23.34	23.24	65.350	55.30	54.84

Motor Kontaminan

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Induktansi (mH)					
	U-U	V-V	W-W	U-V	U-W	V-W
Normal	24.25	23.21	23.21	56.65	55.45	55.07
1	24.3	23.73	23.27	56.79	55.56	55.2
2	24.21	23.68	23.22	56.87	55.58	55.3
3	24.27	23.68	23.18	56.67	55.43	55.05
4	24.26	23.68	23.21	56.68	55.47	55.1
5	24.29	23.68	23.22	56.43	55.53	55.21



HASIL PENGUJIAN LCR

Motor Kelembaban

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Capasitansi (nF)					
	U-U	V-V	W-W	U-V	U-W	V-W
Normal	1044.5	1075.5	1092.2	448.5	457.4	461.4
1	1044.4	1074.9	1091.9	448.6	457.4	461.4
2	1044.4	1091.9	1091.5	448.6	457.5	461.8
3	1044.8	1094.4	1077.7	449.1	458	462.2
4	1044.8	1094.4	1077.3	448.7	458	462.2
5	1044.7	1094.4	1067.9	448.9	458	462.3

Motor Kontaminan

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Capasitansi (nF)					
	U-U	V-V	W-W	U-V	U-W	V-W
Normal	1043.8	1069.3	1091.3	447.6	456.9	499.9
1	1042	1067	1088.4	446	455.9	450.88
2	1040	1067.4	1089	446.2	455.3	454.90
3	1043.4	1069.5	1091.9	446.8	456.8	460
4	1043.2	1069.5	1090.0	446.7	456.5	459.6
5	1043.2	1069	1090	446.4	456.1	458.2



HASIL PENGUJIAN LCR

Motor Kelembaban

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Resistansi (Ω)					
	U-U	V-V	W-W	U-V	U-W	V-W
Normal	7.066	6.734	6.526	13.885	13.611	13.261
1	7.144	6.863	7.337	14.105	14.018	13.740
2	7.141	6.719	7.105	14.105	14.091	15.959
3	8.736	8.636	7.984	15.489	26.38	17.095
4	8.732	8.438	7.982	14.231	26.23	17.150
5	8.673	8.498	8.098	14.232	26.23	17.150

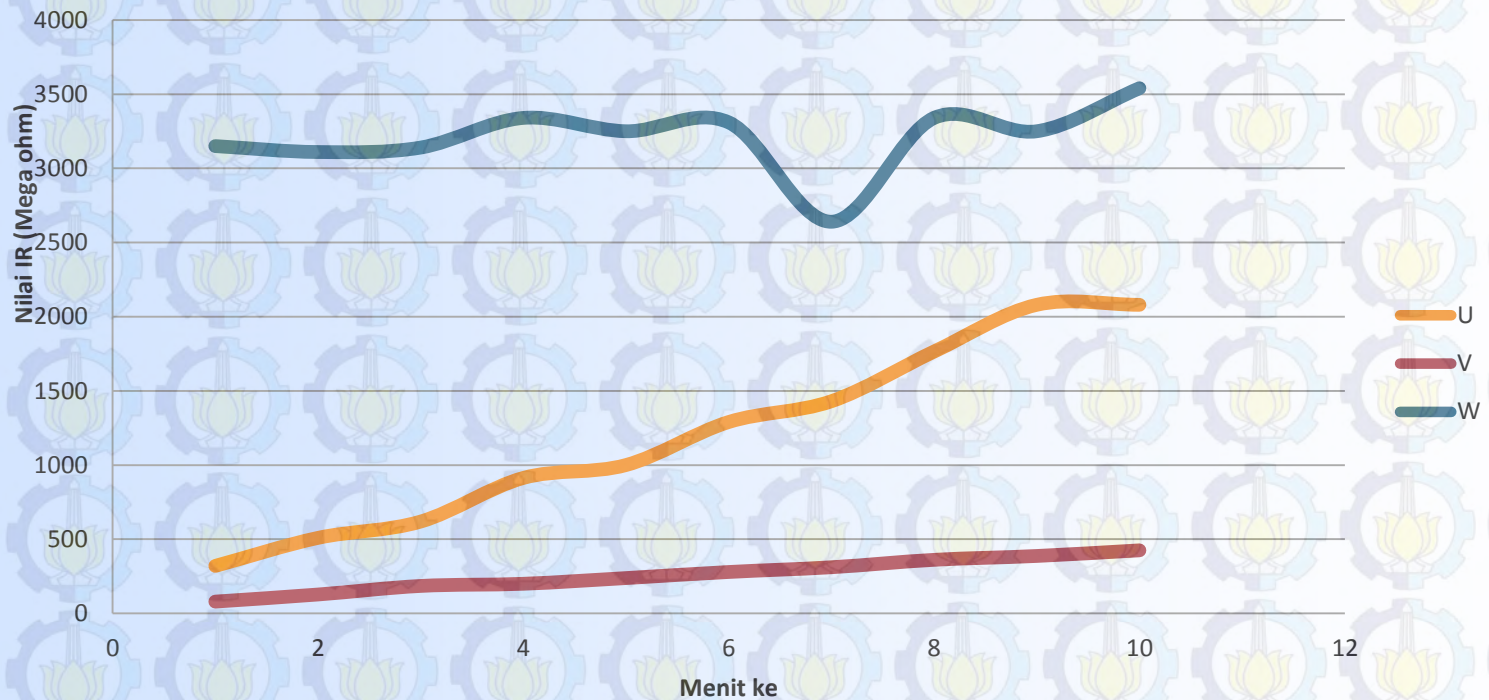
Motor Kontaminan

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Resistansi (Ω)					
	U-U	V-V	W-W	U-V	U-W	V-W
Normal	7.182	6.744	6.501	13.899	13.686	13.386
1	7.08	7.855	6.817	14.489	13.645	13.776
2	8.9	7.789	13.231	15.342	20.98	15.88
3	9.44	7.772	15.416	19.551	28.89	29.37
4	7.083	6.923	6.559	15.006	13.785	15.089
5	7.097	6.987	7.909	15.134	23.53	20.900



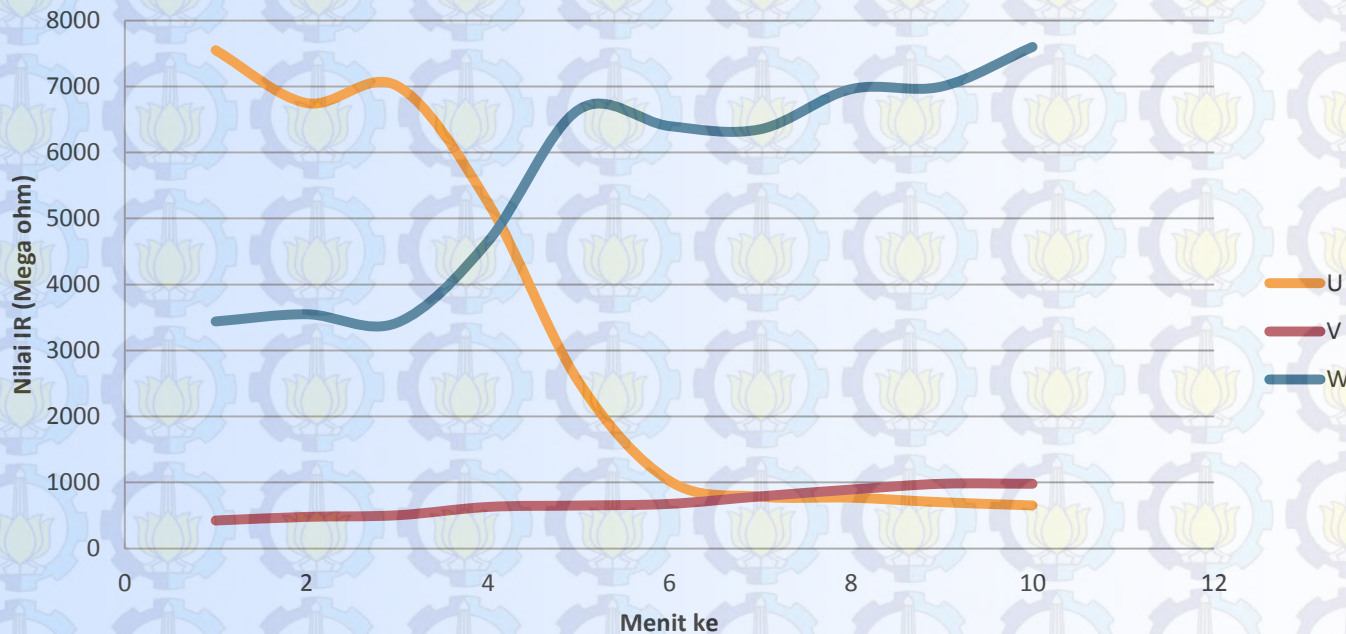
ANALISA

Tranding penurunan IR pada pengujian ke 5 kondisi kelembaban tinggi

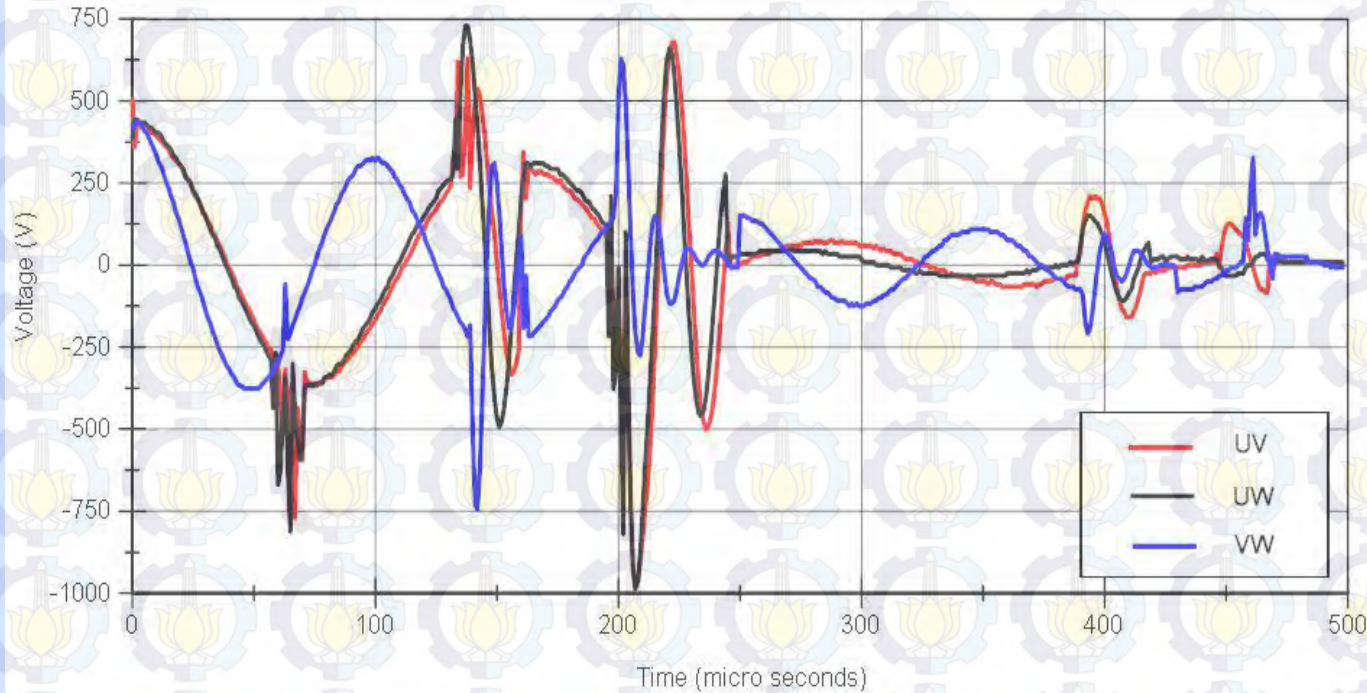


ANALISA

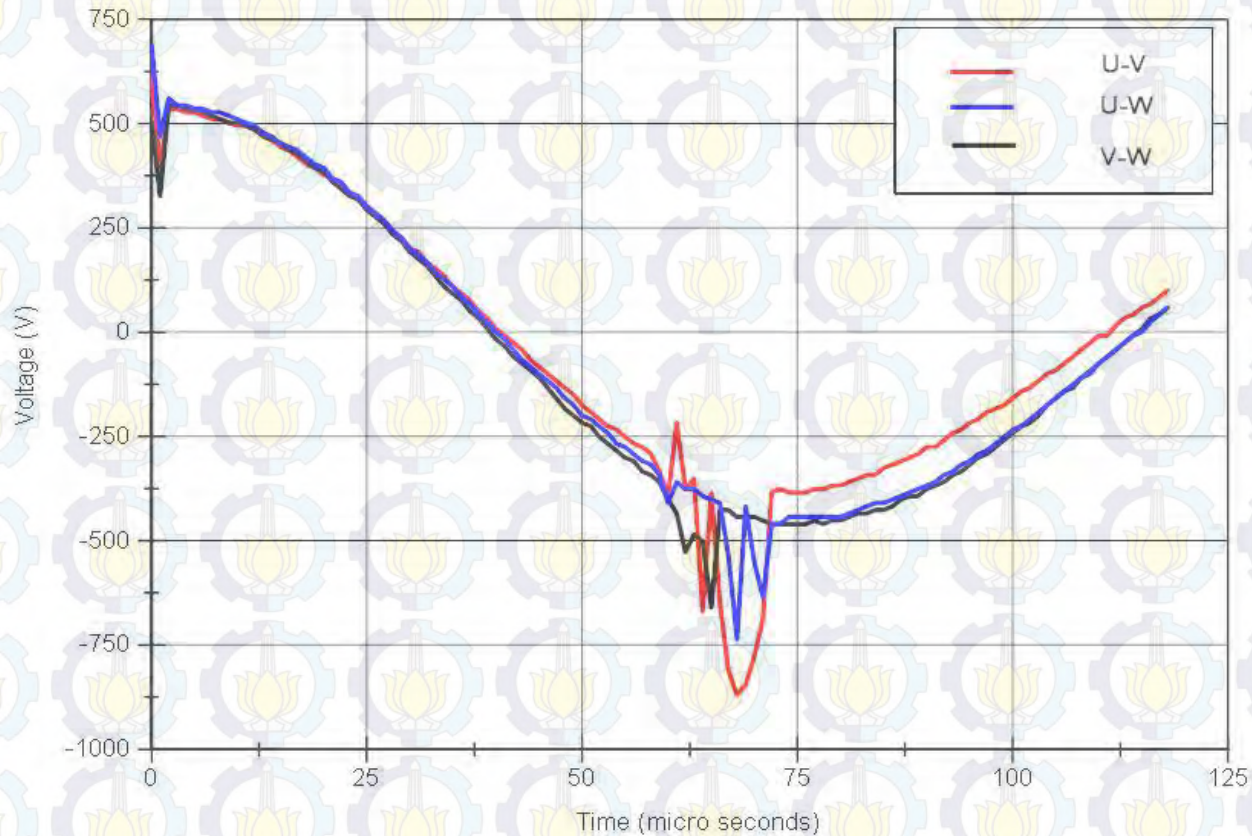
Tranding penurunan IR pada pengujian ke 5 kondisi kontaminan garam



ANALISA

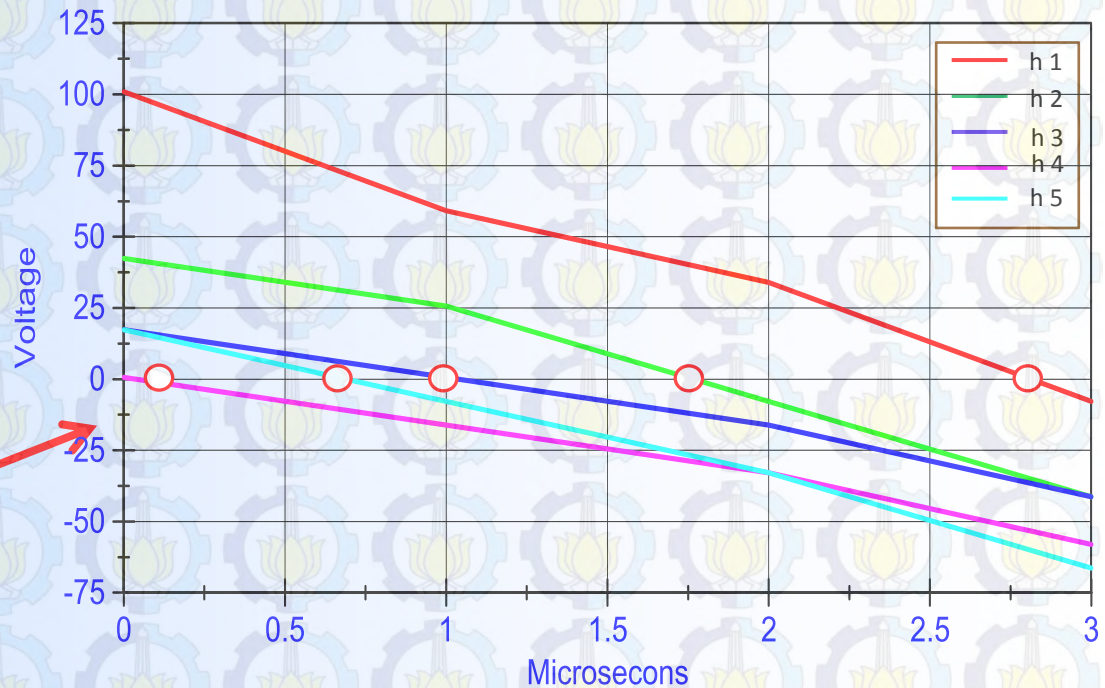
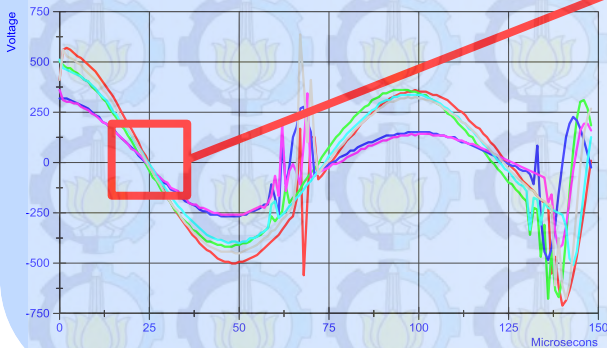


ANALISA



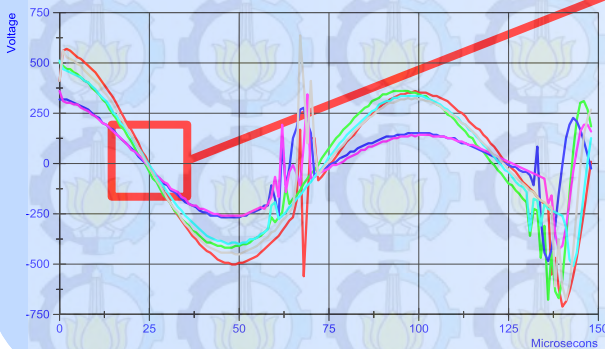
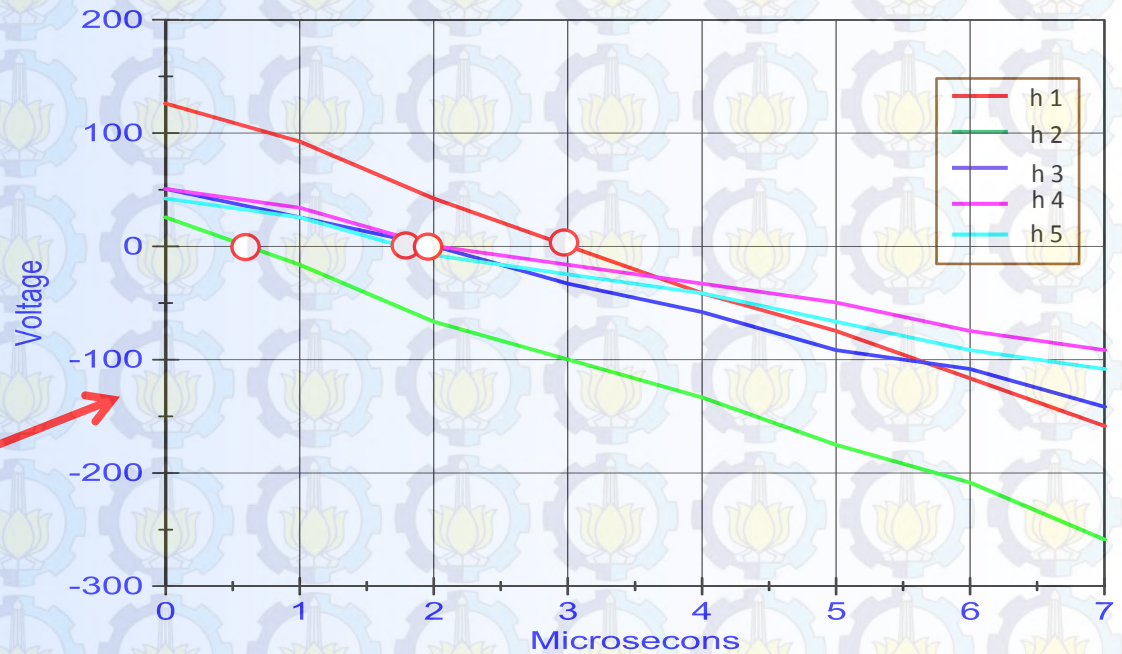
ANALISA Zero Crossing (Ref-EAR Kelembaban)

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Test-Ref EAR Kondisi kelembaban tinggi (%)		
	U-U	V-V	W-W
1	1.5	2.5	1.6
2	19.2	30.5	26.4
3	72.2	54.7	59.7
4	27.6	30.2	4.5
5	33.7	30.3	5.3

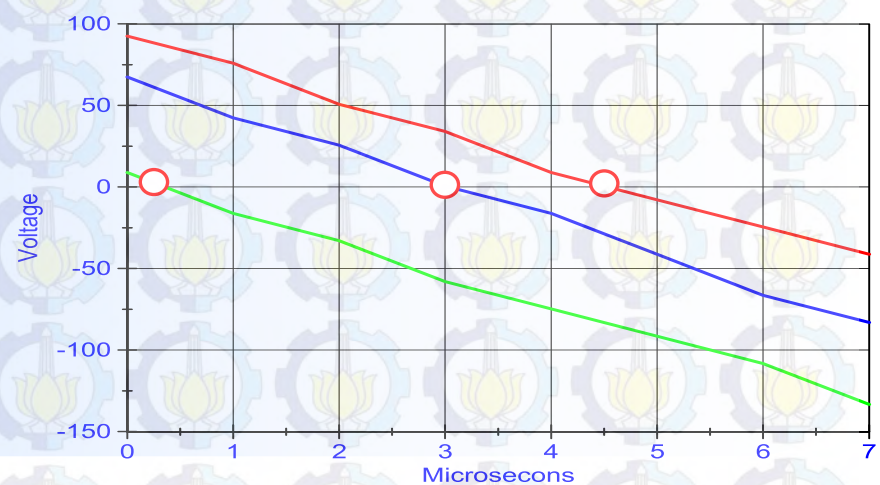
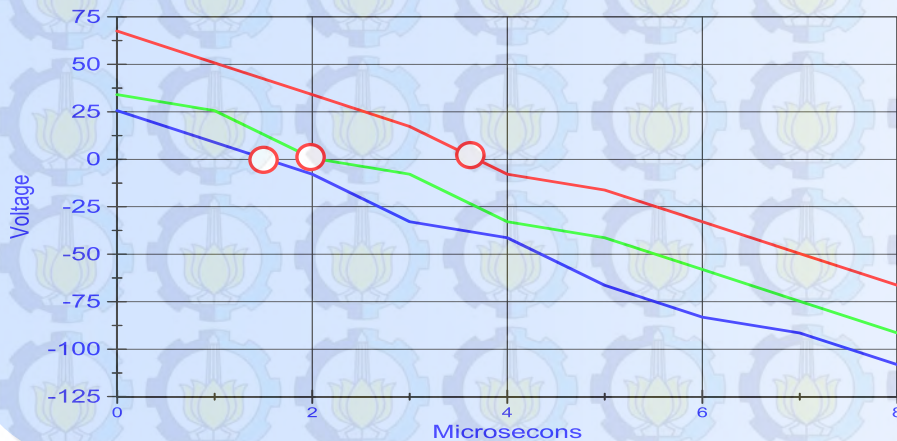
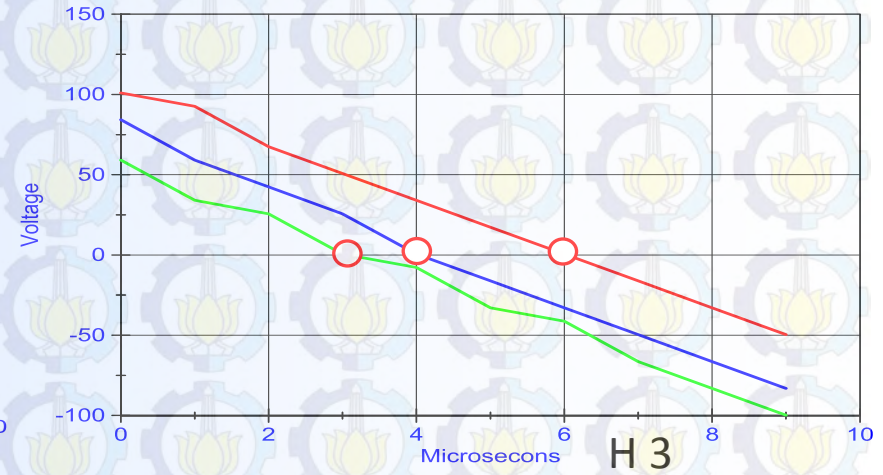
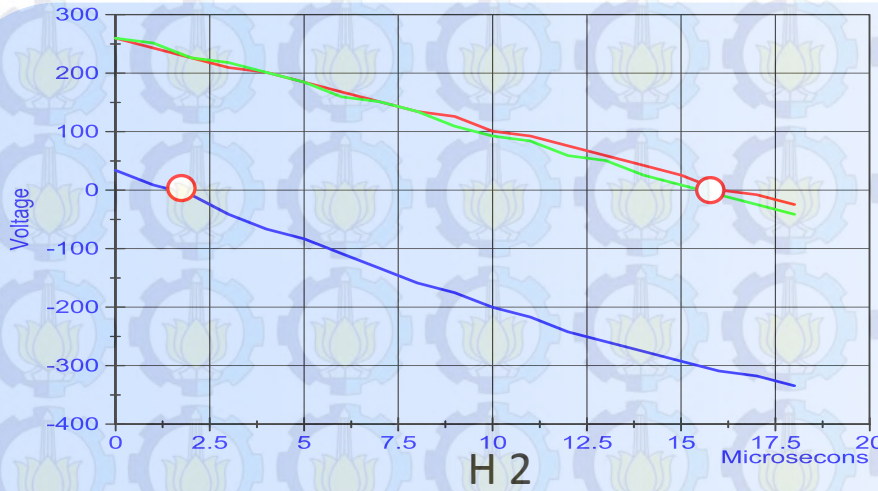


ANALISA Zero Crossing (Ref-EAR Kelembaban)

Percobaan 1 x 6 jam ke-	Test-Ref EAR Kondisi Kontaminan (%)		
	U-U	V-V	W-W
1	15	9.4	10.2
2	32.6	22.8	36.5
3	35.2	27.3	40.4
4	41.8	50.4	50.2
5	32.6	31.6	38.9



ANALISA Zero Crossing (L-L EAR Kontaminan)



KESIMPULAN

1. Kombinasi metode PI dan tes respon osilasi dalam mendiagnosa percepatan penuaan isolasi sangat baik digunakan hal ini terbukti dapat mendeteksi penurunan isolasi sebelum terjadinya short
2. Pengujian surja melalui metode L-L EAR memiliki sensitifitas yang akurat untuk mendeteksi perubahan perilaku belitan isolasi yang mengalami penurunan kualitas
3. Metode pengukuran LCR tidak dapat dijadikan acuan untuk melihat pola atau tren penurunan tahanan isolasi akibat kelembaban tinggi dan efek kontaminasi pada motor berbeban.



KESIMPULAN

Kelanjutan penelitian

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambah faktor lingkungan yang lain seperti kontaminasi oli dan gas. Agar agar diagnosa penurunan kualitas isolasi lebih mendekati permasalahan ril dilapangan. Selain itu pengukuran surja selanjutnya diharapkan mempunyai pengukuran menggunakan alat lain. Hal ini bertujuan agar desain alat yang sudah ada memiliki presisi yang tepat dalam mendiagnosa setiap sespon gelombang yg terbentuk.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Manif, Muhammed. "Principle & Application of Insulation Testing with DC", IEP-SAC Journal, 2005.
- [2] McKinnon, David L. "Simulating Insulation System Under Various Environmental Conditions in Laboratory", IEEE, 2012.
- [3] E. Wiedenbrug, G. Frey, and J. Wilson, "Impulse testing and turn insulation deterioration in electric motors," in Conf. Rec. Annu. IEEE Pulp Paper Ind. Tech. Conf., Jun. 2003, pp. 50–55.
- [4] J. Wilson, "Current State of Surge Testing Induction Machines", Baker Instrum.Co., Jun. 2003.
- [5] McKinnon, David L. Insulation Resistance Profile (IRP) And Its Use For Assessing Insulation Systems, IEEE, 2010.
- [6] Stone, Greg C., Edward A. Boulter, Ian Culbert and H. Dhirani, "Electrical Insulation for Rotating Machines: Design, Evaluation, Aging, Testing and Repair", IEEE Press Series on Power Engineering, 2004.
- [7] P. Gill, "Electrical Power Equipment Maintenance and Testing 2nd Edition", CRC Press Taylor & Francis Group, 2009.
- [8] Deshpande, M.V., "Electric Motor : Application & Control", PHI Learning Private Limited, New Delhi, 2010.
- [9] Hanif, Muhammed. "Principle & Application of Insulation Testing with DC", IEP-SAC Journal, 2005.
- [10] P. Gill, "Electrical Power Equipment Maintenance and Testing 2nd Edition", CRC Press Taylor & Francis Group, 2009.
- [11] David, J. O., Jowett, J. R., Thomson, S. G., Danner D. S., "A Guide to Diagnostics Insulation Testing Above 1kV ", Megger Cooperation, 2002.



DAFTAR PUSTAKA

- [12] Metrel, "Guide to Modern Insulation Testing".
- [13] Electric Machinery Committee, "IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery", IEEE Press, 2013.
- [14] Fluke Corporation, "Insulation Resistance Testing", 2007.
- [15] S. Grubic, J. M. Aller, and T. G. Habetler, "A Survey on Testing and Monitoring Methods for Stator Insulation Systems of Low-Voltage Induction Machines Focusing on Turn Insulation Problems", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 55, No. 12, Dec. 2008.
- [16] S. Grubic, J. Restrepo, J. M. Aller, B. Lu, and T. G. Habetler, "A New Concept for Online Surge Testing for the Detection of Winding Insulation Deterioration in Low-Voltage Induction Machines", IEEE Trans. Ind. Appl., vol.47, No. 5, Sept./Oct. 2011.
- [17] "Guide for Testing Turn-to-Turn Insulation on Form Wound Stator Coils for Alternating Current Rotating Electrical Machines", IEEE 522-1992, 1992
- [18] S. Grubic, J. Restrepo, R. G. Harley, and T. G. Habetler, "Sensitivity Analysis of the Surge Test Applied to AC Machines", IEEE International Electric Machines and Drives Conferences 2011.
- [19] "Baker Instrument Company AWA Surge Test pass/fail criteria", Baker Instrum. Co.
- [20] Mahardhika, Daniel, "Desain Perangkat Percobaan Akselerasi Umur dengan Kelembaban dan Kontaminasi Terkontrol untuk Motor Induksi", ITS, 2015.
- [21] Yayan, Wisam, "Desain Peralatan Penguji Isolasi Belitan Motor Induksi Menggunakan Gelombang Surja dan Metode Error Area Ratio", its, 2015.
- [22] Yamamoto, M. dan Ohashi, K., "Salt Contamination of External of High Voltage Apparatus and its Countermeasures", IEEE Transaction, 1961.



Thank You



FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Kampus ITS Gedung B & C Sukolilo Surabaya

