

Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Dengan Kondisi Pembebanan Yang Berbeda

Rusman^{*1}, Suparno², Taufik Muzakkir³

^{1,2,3} Jurusan Elektro, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak

e-mail: ^{*1}rusman.dn@gmail.com,

Abstrak

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC) yang paling luas diaplikasikan dalam dunia industri dan rumah tangga. Motor induksi 3 fasa dioperasikan pada sistem tenaga tiga fasa dan banyak digunakan di berbagai bidang industri sebagai penggerak mekanik dengan kapasitas besar. Motor induksi yang sudah digunakan dalam waktu beberapa lama pasti akan mengalami penurunan kinerja dimana torsi dan efisiensinya akan berkurang karena terjadinya penurunan ketahanan nilai material. Motor-motor listrik dengan efisiensi yang sangat rendah sudah tidak efisien untuk terus difungsikan. Kendala yang dihadapi dalam menentukan atau menghitung efisiensi motor-motor listrik pada saat motor-motor tersebut sedang operasional adalah sulitnya untuk melakukan pengukuran pada parameter output motor. Motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji, hal tersebut memerlukan waktu yang relatif lebih lama dan memiliki kerumitan tersendiri secara mekanis dalam pelaksanaannya.

Tujuan penelitian ini adalah memberikan solusi alternatif dalam melakukan pengukuran efisiensi motor-motor induksi tiga fasa di lokasi industri atau ketika motor induksi sedang digunakan. Perhitungan nilai efisiensi dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan beban (load) yang merupakan besaran daya output sebagai persentase dari kapasitas rating (%) dan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode Line Current Measurement (pengukuran estimasi beban arus). Untuk monitoring digunakan power meter digital serta LCD Modul untuk dapat membaca tampilannya dan menggunakan PLC sebagai perangkat kontrolnya. Perhitungan efisiensi juga dilakukan pada nilai pembebanan yang berbeda untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pembebanan tersebut terhadap kinerja motor induksi secara keseluruhan. Pada penelitian ini digunakan motor induksi 3 fasa rotor sangkar 1,1 kW; Δ/Y dengan tegangan 220/380 V; Arus 4,7/2,7 A; 50 Hz; 2800 rpm, penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro POLNEP.

Kata Kunci: Beban Variabel, Efisiensi, Motor Induksi Tiga Fasa.

Abstract

Induction motors are the most widely used alternating current (AC) electric motors in the industrial and household worlds. 3-phase induction motors are operated on a three-phase power system and are widely used in various industrial fields as mechanical drives with large capacity. Induction motors that have been used for a long time will definitely experience a decrease in performance where the torque and efficiency will decrease due to a decrease in the durability of material values. Electric motors with very low efficiency are no longer efficient to continue to function. The obstacle faced in determining or calculating the efficiency of electric motors when the motors are operating is the difficulty of measuring the motor output parameters. The motor had to be disconnected from the load and allowed to go through a series of tests, which took a relatively longer time and had its own mechanical complexity in execution.

The purpose of this study is to provide an alternative solution in measuring the efficiency of three-phase induction motors in industrial locations or when induction motors are in use. The calculation of the efficiency value is by first calculating the load which is the amount of output power as a percentage of the rated capacity (%) and then analyzed using the Line Current Measurement method (measurement of estimated current load). For monitoring, a digital power meter and LCD Module are used to be able to read the display and use PLC as the control device. Efficiency calculations are also carried out at different loading values to find out the extent of the influence of the loading on the overall performance of the induction motor. In this study, a 3-phase induction motor with a cage rotor of 1.1 kW was used; Δ/Y with voltage 220/380 V; Current 4.7/2.7 A; 50 Hz; 2800 rpm, research was conducted at the Electrical Engineering Laboratory of the Department of Engineering.

Keywords : Variable load, Efficiency, Three phase induction motor.

1. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC) yang paling luas diaplikasikan dalam dunia industri dan juga rumah tangga. Motor ini mempunyai banyak keuntungan dibanding dengan motor listrik yang lain, yaitu konstruksi yang kuat, sederhana dan tidak membutuhkan banyak perawatan serta harganya relatif murah. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator. Pada saat ini banyak digunakan motor induksi baik motor induksi satu fasa maupun tiga fasa dalam dunia industri. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3 fasa. Motor induksi 3 fasa dioperasikan pada sistem tenaga tiga fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Seperti yang kita ketahui bahwa motor-motor listrik digunakan secara luas dalam dunia industri sebagai mesin penggerak dan dapat dikatakan sebagai kudanya industri dan hampir 70 persen mesin listrik yang digunakan di industry merupakan mesin listrik arus bolak balik (AC) dari jenis motor induksi. Motor induksi yang sudah digunakan dalam waktu beberapa lama pasti akan mengalami penurunan kinerja dan efisiensi karena terjadinya penurunan kemampuan nilai material. Kendala yang dihadapi didalam menentukan atau menghitung efisiensi motor-motor listrik pada saat di industri (lapangan) adalah sulitnya untuk melakukan pengukuran parameter-parameter kelistrikan. Untuk mengukur efisiensi motor, maka motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji, hal tersebut memerlukan waktu yang relatif lebih lama dan memiliki kerumitan tersendiri secara mekanis dalam pelaksanaannya. Hasil dari uji tersebut selanjutnya dibandingkan dengan grafik kinerja standar yang diberikan oleh pabrik pembuatnya. Jika tidak memungkinkan untuk memutuskan sambungan motor dari beban, perkiraan nilai efisiensi didapat dari tabel khusus untuk nilai efisiensi motor, namun hal tersebut juga mempunyai kelemahan karena nilai yang didapat merupakan pendekatan bukan menggambarkan kondisi real yang sesungguhnya dari perangkat pada saat itu.

Berangkat dari permasalahan tersebut diatas, dalam penelitian ini akan mencoba memberikan solusi alternatif dengan merancang perangkat pengukuran (pemodelan) untuk dapat menghitung efisiensi motor listrik tiga fasa secara lebih praktis dan efisien dalam melakukan pengukuran di lokasi industri. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap besarnya efisiensi motor induksi yang sedang dioperasikan, motor induksi yang sedang digunakan harus dianalisis apakah masih efisien atau tidak serta untuk mengetahui besarnya perubahan nilai efisiensi tersebut terhadap nilai efisiensi awal dari data spesifikasi teknis standar serta pemenuhan spesifikasi teknis operasional yang dipersyaratkan. Dengan mengukur parameter motor induksi tanpa harus melepas motor dari beban maka dapat diketahui efisiensi motor tersebut. Pengukuran dilakukan secara simulasi di laboratorium Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri

Pontianak yaitu menggunakan motor induksi tiga fasa rotor sangkar dan untuk monitoring digunakan power meter digital serta LCD Modul untuk dapat membaca tampilannya dan menggunakan PLC sebagai perangkat kontrolnya.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

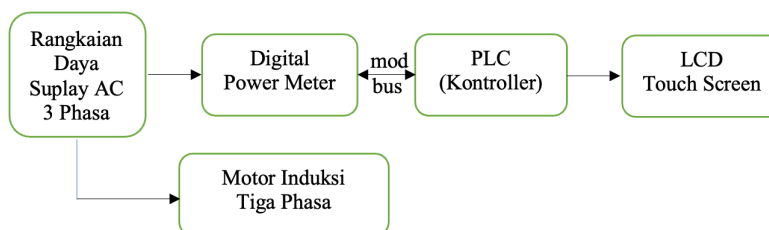
Pengambilan data berdasarkan spesifikasi (rating) motor yang digunakan

Pada langkah ini, akan dijelaskan mengenai pengamatan terhadap spesifikasi dari motor induksi 3 fasa untuk digunakan sebagai dasar dari studi yang akan dilakukan. data yang akan diambil dan sebagai bahan dan alat penelitian meliputi :

- a. Kapasitas Daya Motor (kW)
- b. Putaran Nominal (Rpm)
- c. Arus Nominal (Ampere)
- d. Tegangan Nominal (Volt)
- e. Frekuensi (Hz)
- f. Faktor Daya (nilai Cos phi)
- g. Efisiensi Nominal (%)

Perancangan pemodelan sistem pengukuran yang akan dilakukan

Pada langkah ini, akan dijelaskan mengenai perancangan model perangkat pengukuran efisiensi motor listrik tiga fasa dan melakukan monitoring parameter-parameter motor tersebut yang akan dibuat dalam bentuk diagram blok untuk dilakukan simulasi pengukuran berdasarkan data yang ada.



Gambar 1 Blok Diagram Pemodelan Sistem Pengukuran

Perhitungan efisiensi motor induksi tiga fasa pada penelitian ini dilakukan sebagai solusi alternatif pada saat melakukan audit energi di industri atau ketika motor induksi sedang digunakan dimana langkah yang diambil akan lebih mudah dan praktis dalam penentuan efisiensi motor-motor listrik dilapangan.

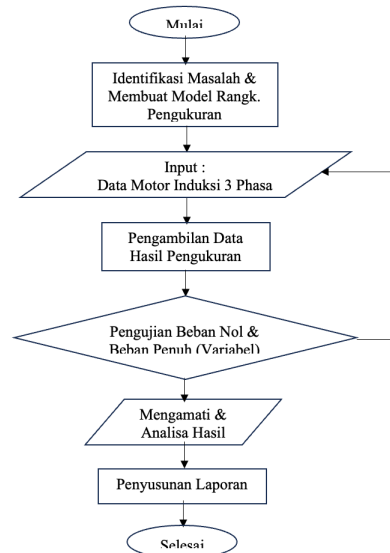
Perhitungan nilai efisiensi dianalisis dengan menggunakan metode Line Current Measurement. (Pengukuran estimasi beban arus). Daya input dihitung dari parameter-parameter input meter hasil pengukuran dengan menggunakan Digital Power Meter tanpa melepas motor-motor tersebut dari bebannya (ketika motor induksi sedang digunakan), hasil pengukuran akan dikalkulasi oleh perangkat kontrol (PLC) untuk mendapatkan daya input, sedangkan perhitungan beban motor (daya output) dilakukan secara estimasi dengan membandingkan daya input hasil pengukuran tersebut terhadap data rating nameplate motor. Selanjutnya hasil perhitungan nilai efisiensi dapat terbaca pada LCD Touch Screen . Perhitungan efisiensi juga dilakukan pada nilai pembebanan yang berbeda untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pembebanan tersebut terhadap kinerja motor induksi secara keseluruhan.

Proses Analisa Melalui Hasil Pengukuran yang dilakukan sebelumnya

Pada langkah ini akan dilakukan analisa efisiensi pada motor induksi apakah masih efisien atau tidak. Pada pengujian motor tanpa beban, uji beban penuh dan uji berbeban didapatkan nilai

impedansi belitan stator, impedansi belitan rotor dan slip motor. Dari nilai impedansi dan slip dapat diketahui daya input ke stator, daya mekanik rotor, torsi dan efisiensi.

Diagram Alur (Flowchart) Penelitian



Gambar 2. Diagram alur jalan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

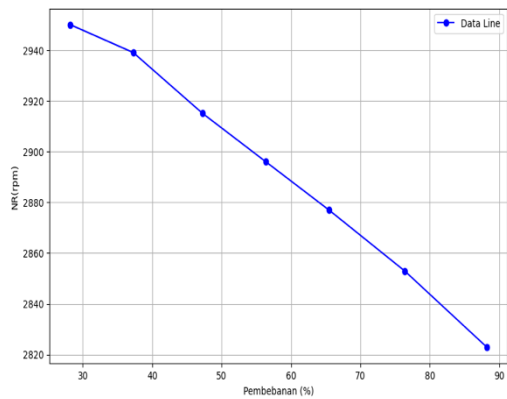
Sesuai dengan tujuan dari penelitian terapan ini yaitu akan memberikan solusi alternative dengan merancang perangkat pengukuran (pemodelan) untuk dapat menghitung efisiensi motor listrik tiga fasa secara lebih praktis dan efisien dengan mengukur parameter motor induksi tanpa harus melepas motor dari rangkaian sistem. Untuk monitoring data hasil pengukuran digunakan power meter digital 3 fasa true RMS serta LCD Modul menggunakan Touchscreen agar dapat menginput data ke perangkat serta membaca data tampilan yang diperlukan. Perangkat ini menggunakan PLC sebagai sistem kontrolnya. Dalam pengujian ini menggunakan motor induksi 3 fasa jenis rotor sangkar 1,1 kW; Δ/Y dengan tegangan 220/380 V; Arus 4,7/2,7 A; 50 Hz; 2800 rpm, dan dilakukan di Laboratorium Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak.



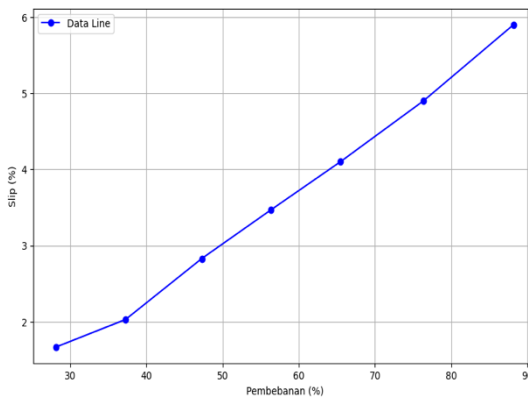
Gambar 3.1 Alat/Perangkat Pengukuran Hasil Rancangan dan Kelengkapannya

Melihat data tampilan hasil pengukuran yaitu dengan variasi nilai pembebanan mulai dari pembebanan sekitar 28,18% sampai dengan pembebanan sekitar 88,18% dari kapasitas rating motor dapat dikatakan alat/perangkat hasil rancangan dapat berfungsi dengan baik terbukti dapat

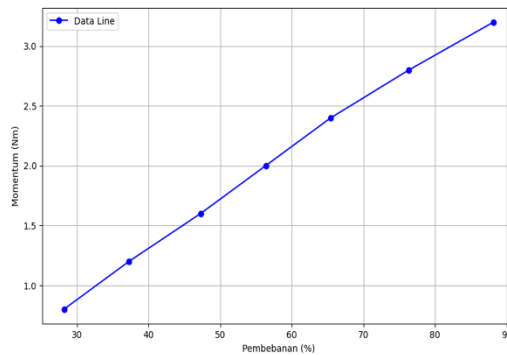
menampilkan parameter-parameter motor sesuai dengan deskripsi yang diinginkan. Gambar grafik hasil pengukuran dapat dilihat seperti dibawah ini :



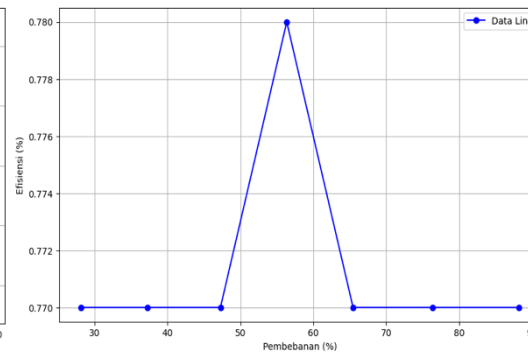
Gambar 3.2 Pembebanan Vs Putaran



Gambar 3.3 Pembebanan Vs Slip



Gambar 3.4 Pembebanan Vs Torsi



Gambar 3.5 Pembebanan Vs Efisiensi

Tabel 3.1 Data Hasil Pengukuran Parameter Output Motor Pada Kondisi Beban Variabel Dan Hasil Perhitungan POUT (*) Dengan Pendekatan Secara teoritis

No.	Pembebanan (%)	P _{OUT} (W)	N _R (rpm)	M (n-m)	P _{OUT} (*) (W)
1	88,18	970	2823	3,20	945,93
2	76,36	840	2853	2,80	836,48
3	65,45	720	2877	2,40	723,02
4	56,36	620	2896	2,00	606,49
5	47,27	520	2915	1,60	488,38
6	37,27	410	2939	1,20	369,30
7	28,18	310	2950	0,80	247,12

POUT (*) : Hasil Perhitungan Daya Output Dgn Pendekatan Teoritis

Akurasi penilaian hasil pengukuran sebagai pembanding dalam hal ini misalnya diambil pada pengukuran parameter daya output motor, hasil pengukuran daya output dari tampilan

alat/perangkat tersebut jika divalidasi dengan hasil pengukuran parameter putaran dan torsi motor dalam proses pengujian yang sama dan dilakukan perhitungan daya output secara teoritis berdasarkan data hasil pengukuran putaran dan torsi maka dapat dikatakan bahwa margin error berkisar antara 0,42% s/d 2,54% pada rentang pembebanan motor (56% - 88%) dari kapasitas ratingnya. Nilai margin error sebesar 0,42% didapat pada pembebanan motor sekitar (65 s/d 76)% dari rating kapasitasnya. Namun pada rentang pembebanan yang lebih rendah dari rating yaitu (47% - 28%) memberikan margin error semakin tinggi yaitu antara 6,47% s/d 25% dimana pada pembebanan yang lebih rendah seperti misalnya pada kasus ini yaitu kondisi 28% dari rating kapasitas motor margin errornya sampai dengan 25%. Besarnya nilai efisiensi motor tersebut dapat dilihat pada tampilan LCD Monitor bahwa dengan variasi pembebanan (28,18 s/d 88,18) % dari kapasitas rating, didapat nilai efisiensi sebesar 77% s/d 78%.

Sedangkan akurasi penunjukan nilai efisiensi pada alat/perangkat pengujian tersebut dapat ditinjau dengan membandingkan nilai efisiensi yang terukur dari Monitor LCD Alat/Perangkat terhadap nilai efisiensi yang dihitung dari parameter daya output dengan pendekatan secara teoritis.

Berdasarkan data hasil pengukuran nilai efisiensi yang ditunjukkan pada alat/perangkat pengukuran dibandingkan hasil perhitungan dengan pendekatan teoritis, maka dapat dikatakan bahwa margin error berkisar antara 0,58% s/d 2,23% pada rentang pembebanan motor (56,36% - 88,18%) dari kapasitas ratingnya. Nilai margin error terkecil yaitu sebesar 0,58% didapat pada pembebanan motor 76,36% dari rating kapasitasnya dan margin error terbesar yaitu 2,23% pada pembebanan motor sebesar 56,36%. Namun pada rentang pembebanan yang lebih rendah dari rating yaitu (47,27% - 28,18%) memberikan margin error semakin tinggi yaitu antara 5,64% s/d 27,75% dimana pada pembebanan terendah dalam pengujian ini yaitu kondisi 28,18% dari rating kapasitas motor margin errornya sampai dengan 27,75%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

Simpulan

- Alat/Perangkat pengukuran yang dibuat dalam penelitian ini dapat dikatakan memenuhi deskripsi yang diinginkan yaitu mampu memonitoring parameter-parameter input motor induksi serta dapat menampilkan besaran efisiensi motor secara langsung pada LCD Monitor tersebut.
- Akurasi Alat/Perangkat pengukuran tersebut dapat dikatakan cukup baik jika dioperasikan pada rentang pembebanan sebesar (65 s/d 76)% dari kapasitas rating motor dan akurasinya menurun seiring dengan penurunan kapasitas pembebanan motor terhadap kapasitas ratingnya.
- Hasil pengukuran nilai efisiensi mempunyai margin error yang cukup rendah pada rentang pembebanan tertentu dari rating kapasitasnya. Namun dengan menurunnya kapasitas pembebanan akan meningkatkan margin errornya.
- Kondisi pembebanan optimal motor berada pada rentang (60 s/d 80)% dari rating kapasitas.

Saran

- Sebaiknya Alat/Perangkat Pengukuran tersebut dapat dioperasikan pada rentang pembebanan optimalnya yaitu sekitar (60 s/d 80)% dari rating kapasitas. Untuk dapat memberikan hasil pengukuran yang lebih baik.
- Dalam penentuan besaran beban (Load) yang merupakan daya output sebagai persentase dari kapasitas rating (%) dalam penelitian ini dianalisis dengan menggunakan metode Line Current Measurement, sehingga dalam penelitian berikutnya disarankan dapat menggunakan beberapa metode yang lain sebagai pembandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Kurnia Pratama, Elvira Zondra, Hazra Yuvendius, 2020, Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan, *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, Vol.5 No.1, Desember 2020, pp.35–43 ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445 online.
- [2] Arie Sukma Setya Putra, Tejo Sukmadi and Susatyo Handoko, 2014, Analisa Daya Motor Induksi 3 Fasa Pada Operasi Intermittent Dengan Variasi Periode Pembebanan, *Transient, Vol.3, No. 4, Desember 2014, ISSN: 2302-9927, 522*.
- [3] A.E. Fitzgerald; Charles Kingsley, Jr.; Stephen D. Umans, Alih Bahasa Ir. Djoko Achyanto, Msc. EE, Edisi Keempat, 1997, Mesin Listrik, Penerbit Erlangga, Jakarta 13740.
- [4] Deka Novianto, Elvira Zondra, Hazra Yuvendius, 2022, Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang, *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, Vol. 4 No. 2, Juni 2022, pp. 73 – 80 ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445 online.
- [5] Leonardus Siregar, Rudianto Silaen; Jubel Lasro Hutabarat, 2021, Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Putaran Dan Daya Masuk Motor Induksi Tiga Fasa (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-UHN, *ELPOTECs Jurnal*, Vol. 4, No. 1 (2021), Electric Power, Telecommunications & Control System - ELPOTECs Jurnal.
- [6] Gilbert A. McCoy, Todd Litman, John G. Douglass, Revisi 3, Januari 1993, *Energy-Efficient Electric Motor Selection Handbook*, Washington State Energy Office Olympia, Washington.
- [7] GE Industrial Systems, *AC Motor Selection And Application Guide*, Fort Wayne, Indiana 46802.
- [8] IJ Nagrath; DP Kothari, 1985, *Electric Machines*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi 110 002.
- [9] Motor Challenge, a Program of the U.S. Department of Energy, *Determining Electric Motor Load and Efficiency*.
- [10] NEMA Standards Publication No. MG1 –1993, National Electrical Manufacturers Association, 2101 L Street, N. W, Washington, DC 20037.
- [11] NEMA Standards Publication MG 1-2009, *Motor and Generator*, NEMA 1300 North 17th Street, Suite 1752 Rosslyn, VA 22209.
- [12] Rich Schiferl, Rockwell Automation, An Accurate Method to Determine Electric Motor Efficiency While the Motor is in Operation, Reliance Electric.
- [13] Corino, S., E., Romero., L. F. Mantilla. 2008. “How the Efficiency of Induction Motor Is Measured? ”. *Renewable Energy and Power Quality Journal*. Vol.1, No.6, (Hal. 30–34). Induction Motor Parameter Measurement.