

**LAPORAN KINERJA DOSEN
SEMESTER GENAP 2023/2024**

**BERPERAN SERTA AKTIF
DALAM PERTEMUAN ILMIAH**



**SAEFUL BAHRI, S.T., M.T.
12103101101322**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA**



SURAT TUGAS

No : 038B-2/F.4.1.2/TE/UMJ/VI/2024

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta Menugaskan:

SAEFUL BAHRI, ST., MT

Untuk mengikuti Seminar dan Workshop mengenai “Peran Metrologi dalam Inovasi Teknologi untuk Pembangunan Berkelanjutan” yang diselenggarakan atas kerjasama Badan Standar Nasional Satuan Ukur (SNSU-PSN) dengan Institut Teknologi Bandung (ITB). Pada Hari Kamis, 6 Juni 2024, di Aula Timur ITB, Jalan Ganesa No. 10, Bandung.

Demikian surat tugas ini diberikan untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Jakarta, 4 Juni 2024
Program Studi Teknik Elektro FT-UMJ
Ketua



Husnibes Muehtar

-/Arsip

Nomor : B-34/AL.01.02/F2/2024

Tangerang Selatan, 4 Juni 2024

Sifat : Biasa

Lampiran : 2 (Dua) Lembar

Hal : Undangan Seminar dan Workshop

Yth.

Daftar Undangan Terlampir

di

tempat

Dalam rangka memperingati Hari Metrologi Sedunia tahun 2024, Deputi Standar Nasional Satuan Ukuran (SNSU - BSN) bekerja sama dengan Institut Teknologi Bandung (ITB) akan melaksanakan kegiatan seminar dan workshop mengenai "Peran Metrologi dalam Inovasi Teknologi untuk Pembangunan Berkelanjutan : Kolaborasi Akademi, Infrastruktur Mutu dan Industri".

Terkait hal tersebut kami mengundang Bapak/Ibu untuk berpartisipasi pada acara tersebut yang akan diselenggarakan pada :

Hari/Tanggal : Kamis, 6 Juni 2024

Pukul : 08.30 – 16.00 WIB

Tempat : Aula Timur ITB

Jl. Ganesa No.10 Bandung

Demikian undangan ini disampaikan, atas perhatian dan kehadirannya, diucapkan terima kasih.

Direktur Standar Nasional Satuan
Ukuran Termoelektrik dan Kimia,

\$(ttd)

Ghufron Zaid

Lampiran I

Nomor : B-34/AL.01.02/F2/2024

Tanggal : 4 Juni 2024

Susunan Acara Seminar dan Workshop Hari Metrologi Sedunia 2024

No	Time	Agenda	PIC
1	08.00 – 09.00	Registrasi peserta	Host
2	09.00 – 09.10	Pembukaan dan menyanyikan lagu Indonesia Raya	MC
3	09.10 – 09.30	Sambutan oleh <ul style="list-style-type: none">• Prof. Brian Yulianto, Ph.D. (Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung)• Yustinus Kristianto Widiwardono, MIT (Deputi Standar Nasional Satuan Ukuran (SNSU) BSN)	MC
4	09.30 – 11.45	Seminar : <ul style="list-style-type: none">• Pengembangan Sistem Cerdas untuk Pembangunan Berkelanjutan Prof. Deddy Kurniadi (Guru Besar Instrumentasi dan Kontrol, FTI ITB)• Peran Metrologi dalam Inovasi Teknologi untuk Pembangunan Berkelanjutan Helmi Zaini, M.Sc (Metrolog Ahli Madya, SNSU-BSN)• Tantangan dan Kesempatan Industri dalam Mengimplementasikan Inovasi Teknologi Terbaru untuk Meningkatkan Daya Saing Produk C. Cordova, S.T., M.Sc. (Head of Business Development Digital Transformation, PT. Yokogawa Indonesia)	Moderator
5	11.45 – 12.00	Sesi Presentasi Promosi	
6	12.30 – 13.00	Ishoma	
7	13.00 – 16.00	Workshop (dilaksanakan secara paralel): <ul style="list-style-type: none">• Panduan Kalibrasi Kalibrator Resistansi DC Lukluk Khairiyati, M.T. (Metrolog Ahli Madya, SNSU-BSN)• Panduan Kalibrasi Mesin Uji Gaya Tarik/Tekan (Uniaxial Testing Machine) Arif Rahman Hakim (Penelaan Ketelusuran Standar Fisik, SNSU-BSN)• Pengembangan Sistem Kalibrasi Ultrasonografi (USG) Prof. Dr. Suprijanto, S.T., M.T. (Guru Besar Instrumentasi dan Kontrol, FTI ITB)	Moderator 1 & Moderator 2

Lampiran II

Nomor : B-34/AL.01.02/F2/2024

Tanggal : 4 Juni 2024

Daftar Undangan Acara Seminar dan Workshop Hari Metrologi Sedunia 2024

No.	Peserta	Asal Lembaga/Instansi
1	Olga Andini Febrina Samosir	AKADEMI METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
2	Akhdan Nadhif Maulana	AKADEMI METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
3	Rhakamerta Hijazi	INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
4	Nurlaela Qodariyah	BALAI BESAR TEKSTIL
5	Afrianto Budi B. N.	LABORATORIUM KALIBRASI PT PLN (PERSERO) PUSAT SERTIFIKASI
6	Faisol	LABORATORIUM KALIBRASI PT PLN (PERSERO) PUSAT SERTIFIKASI
7	Dera Ruliana	LABORATORIUM KALIBRASI PT PLN (PERSERO) PUSAT SERTIFIKASI
8	Dede Suryana	PT. KAWAN LAMA
9	Raka Ari Priambodo	INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
10	Diaz Alal Habi	PT KALIMAN
11	Dirman Ruliaman	PT. DIGITAL AKURASI SISTEM
12	Asha Lusiana	PT. CALFINDO BERKAH MANDIRI
13	Andriano Setyawardhana	PT. CALFINDO BERKAH MANDIRI
14	Rudiyanto	PT RUKUN SEJAHTERA TEKNIK
15	Kiki Andriyanto	PT. MUTU GLOBAL INSTRUMENTASI
16	Bilva Putra Herdian	PT. BIOFARMA PERSERO
17	Syakir Almas A.	BBT
18	Lalu Febrian Wiranata	POLITEKNIK NEGERI BALI
19	Masitoh	ITB
20	Syafril Agustion Tomayahu	LABORATORIUM FISIKA / UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
21	Tio Jaka Dewa	PT PATRA SOLUSI INSTRUMENTASI
22	Bagus Redytiawan Hendriyanto	PT PATRA SOLUSI INSTRUMENTASI
23	Saeful Bahri	UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA
24	Fannisa Rahman	LAB AKUSTIK DAN VIBRASI SNSU BSN
25	Maharani Ratna Palupi	LABORATORIUM AKUSTIK DAN VIBRASI SNSU BSN

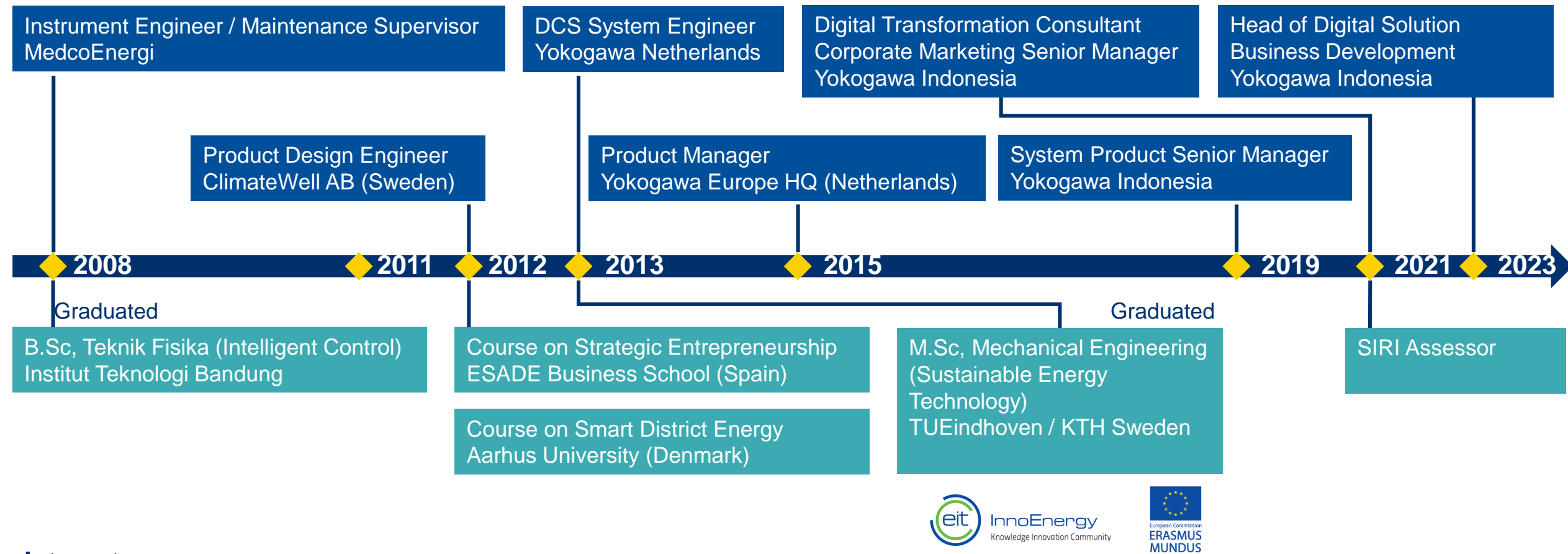
Tantangan dan Kesempatan Industri dalam Penerapan Teknologi untuk Meningkatkan Daya Saing Produk

C. Cordova, M.Sc.

Head of Digital Solution Business Development
Yokogawa Indonesia

Bandung, 6 Juni 2024

My own journey



Interest :

Digital transformation, business process improvement, data science, marketing and business strategy, energy & sustainability, organization and human development

Disclaimer and Prologue

- Some contents and pictures are taken from various sources and its right belongs to the original creators. They are only used for educational purpose during this seminar.
- Digital Transformation point of view is taken, with examples of digital technology implementation. However, the essence can be widely implemented in various fields.

Discussion Topic

1. Global industry challenges
2. Competitiveness key factors
3. How we see the future of industry and society
4. Technology adoption frameworks
5. Key success factors
6. Sample case
7. Summary

Industry Global Challenge (Drivers for Digital Transformation)



MARKET DRIVERS

Workforce dynamics

Commodity price fluctuation

CAPex optimization

Tighter regulations

Fast competition

Nature (COVID19)*



TECHNOLOGY DRIVERS

Cloud

Big data goes cross-enterprise

AI is front and center

IT and OT convergence

Consumer technologies

Customer insights

Today's' Competitiveness Key Factors



Quality

Distribution and accessibility

Price

Customer service

Regulatory compliance

Sustainability

VUCA

Marketing and promotion

Innovation

Brand reputation

Customization and personalization

Technological Integration

How We See The Near Future ...

Smart Society 5.0 Consortium



See the entire operation at a glance

When all **data** is integrated, customers will be able to better understand cause and effect and links between plan utilization, yield, risks, gaps in achieving business goals, etc.



New ways to perform inspections

Drones and robots will be able to inspect and repair equipment in remote locations and extreme environments.

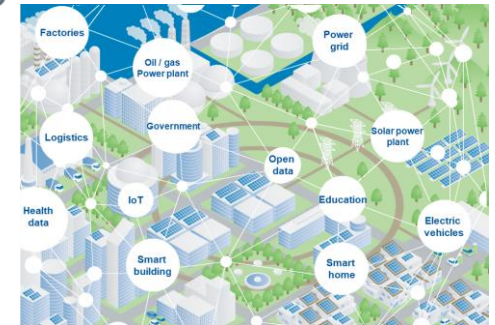


Digital Twin with AI/ML capability as advisor

Digital twins with AI/ML Analytics will be used across the asset lifecycle, allowing customers to plan, design, operate, and maintain their assets in more optimal ways using “what if” scenario testing and virtualization.



System of Systems



Autonomy extends well beyond boundaries we know today.

Symbiosis between industry and society

Japan wants to create, in its own words, a **“super-smart” society**, and one that will serve as a road map for the rest of the world.

See the unseen

Even in production line that undergoes regular inspections, unexpected pitfalls may be lurking. By using AI to analyze data from many sensors, it will be possible to estimate deterioration, issue warnings, and identify causes.



Industrial Automation to Industrial Autonomy (IA2IA) / Smart Manufacturing

AUTONOMOUS OPERATIONS:

The vision from Yokogawa on Smart Manufacturing

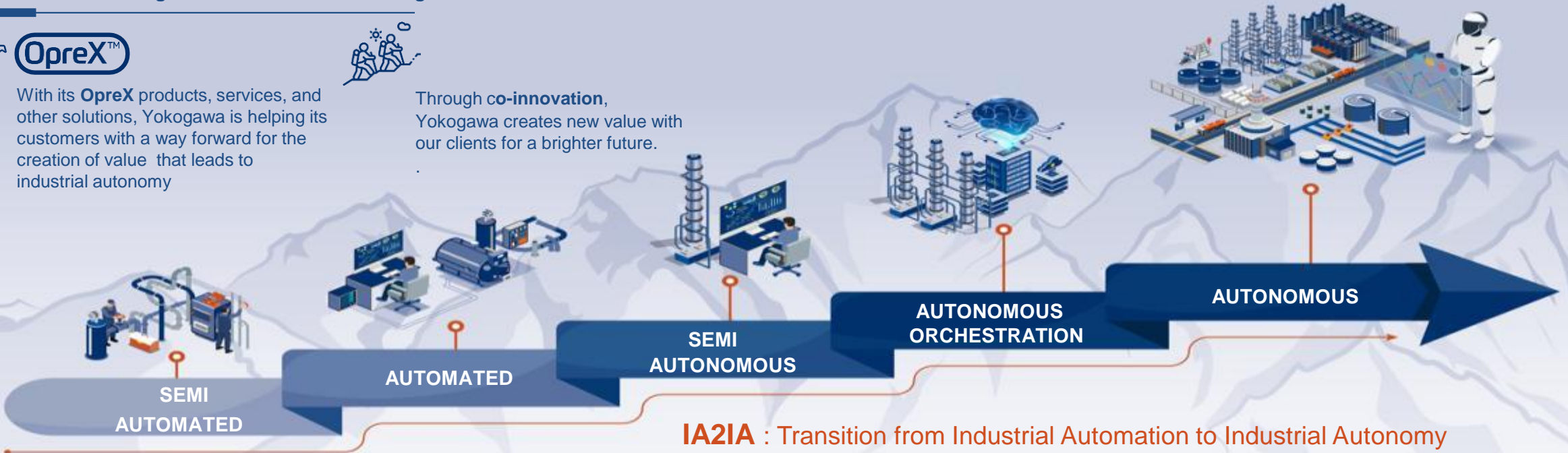


OpreX™

With its OpreX products, services, and other solutions, Yokogawa is helping its customers with a way forward for the creation of value that leads to industrial autonomy



Through co-innovation, Yokogawa creates new value with our clients for a brighter future.



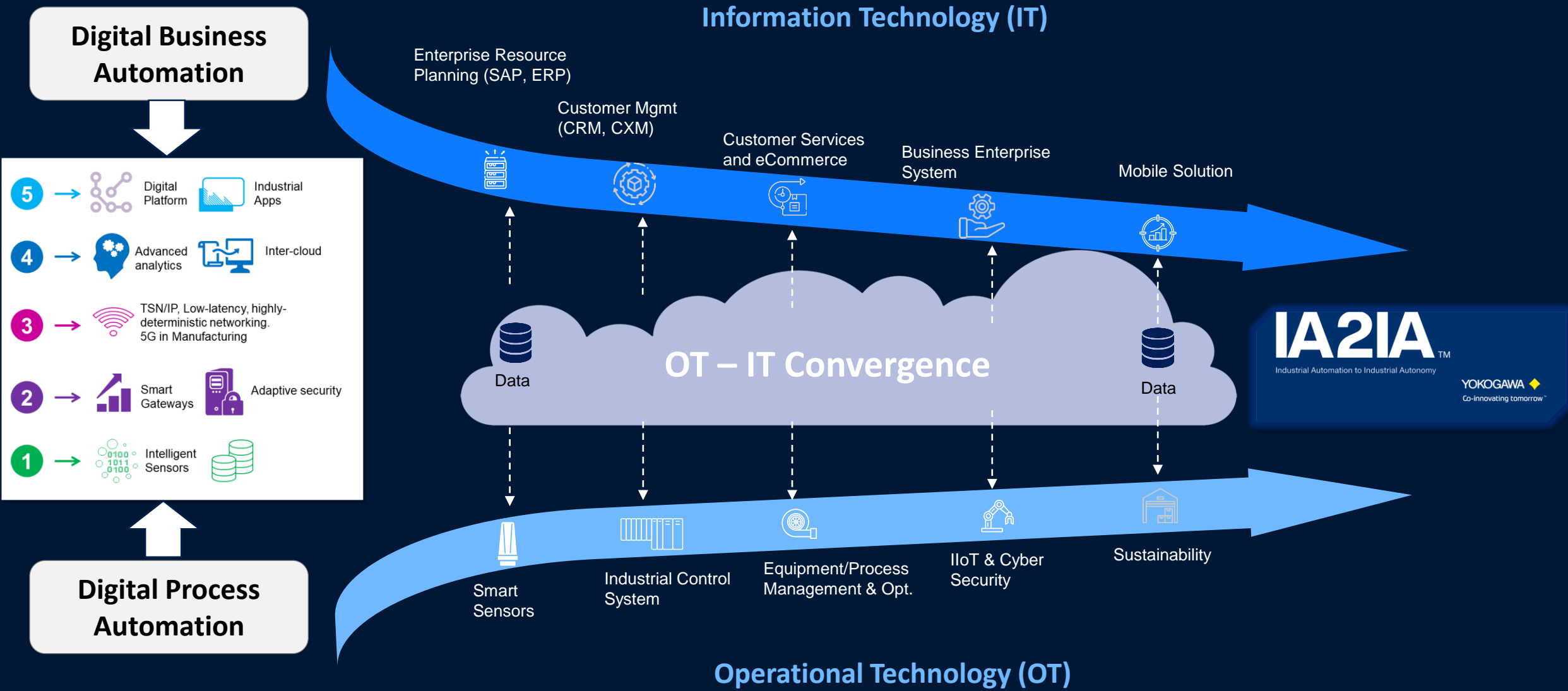
SMART MANUFACTURING

Digital transformation applied to Production & Manufacturing

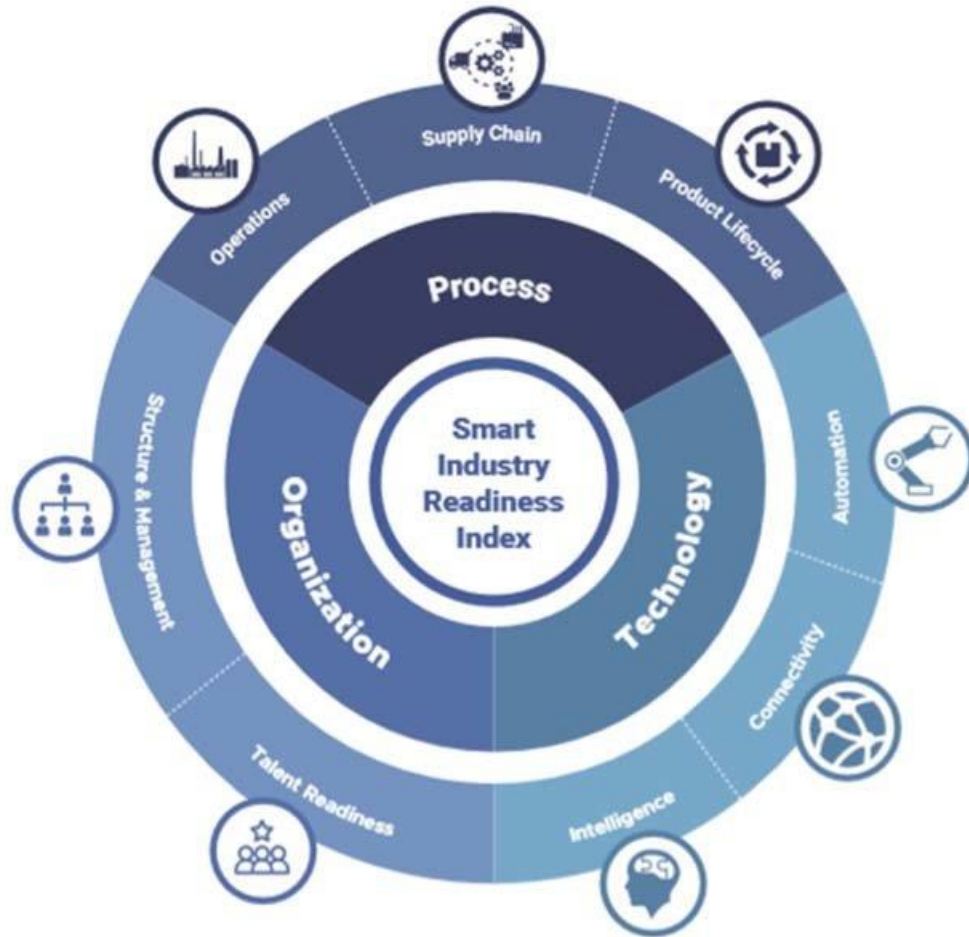
DIGITAL TRANSFORMATION APPLIED TO THE ENTERPRISE



Business drives towards OT-IT Convergence



Several Technology Adoption Frameworks



<https://www.linkedin.com/pulse/ppt-people-process-technology-christine-j-/>

Critical Success Factors

1 ORGANIZATIONAL CHANGE MANAGEMENT (OCM)

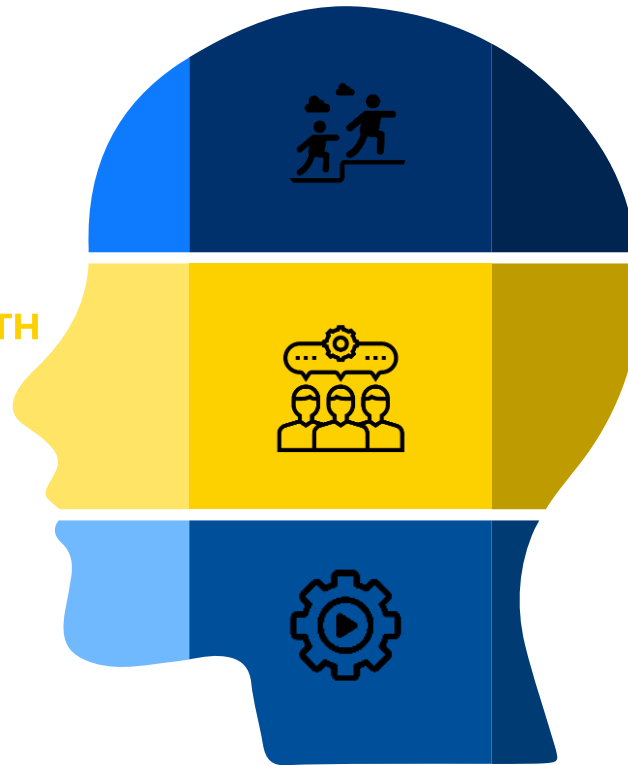
Managing the transition to the new operating model, ensuring new collaborative ways of working and organization are successfully embedded to deliver the business case targets

TECHNICALLY STRONG WORKFORCE WITH ROBUST OPERATING PRACTICES

2 A workforce that is fully competent against all elements of the Job descriptions, with a proactive mindset and experienced in managing routine operations as well as abnormal and emergency scenarios.

HARDWARE & SYSTEMS INTEGRATION

3 Foundational physical environment and systems to support the new operating model and enable secure and reliable operations.



4 SAFETY IS PARAMOUNT

An Operations Readiness program auditable criteria and standards before go live with mitigation plans to prove capability before de-staffing

VALIDATE THE BUSINESS CASE

5 Use digital twin to forward forecast production and operating constraints. Full field assessment of current configuration and operations and maintenance workflows

REALISTIC COSTS ESTIMATES AND EXECUTION

6 Benchmarks based on competitor successes and lessons learned, and actual costs and schedules

Technology Deployment and Effective Change Management

People

- Mindset shift and committed to a connected **Plant / Industry**
- New Talent & Structure
- Adapt to the connected way of working
- Upskilling and training

System

- Processes modified to adapt to the Connected Way
- Manual tools vs Connected Tools
- New processes e.g., Robotic automation



Physical Assets

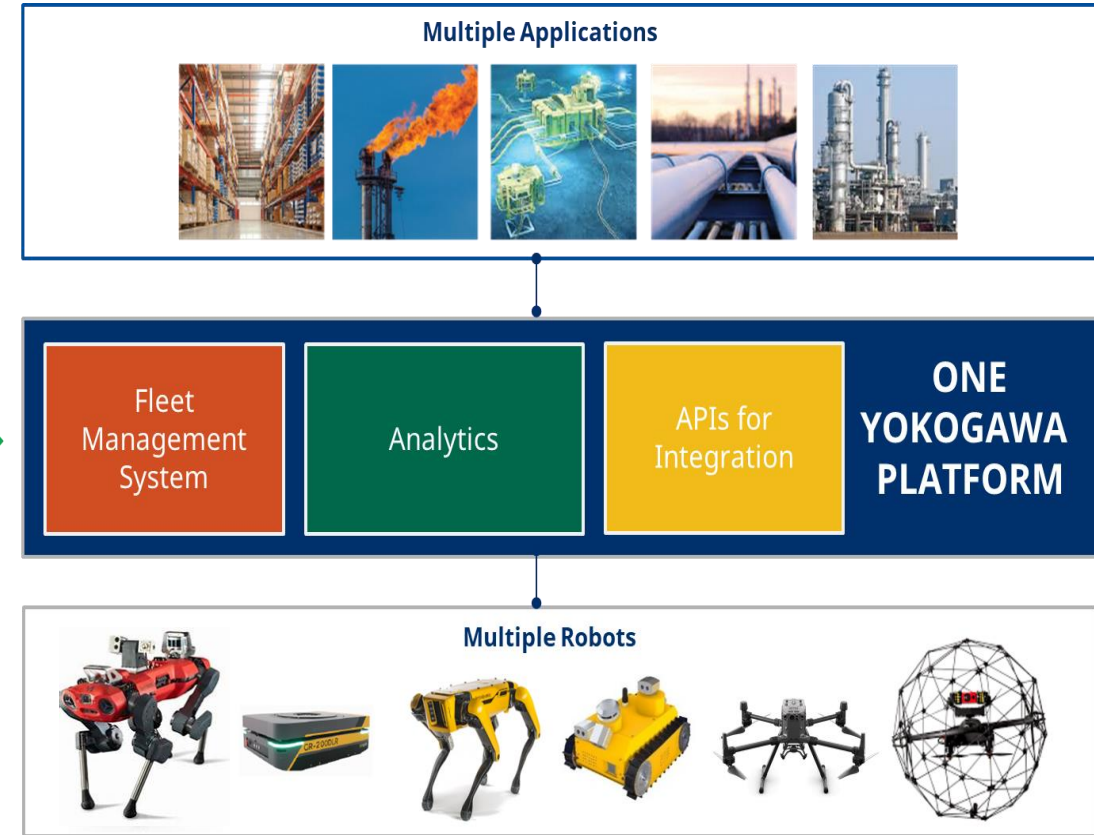
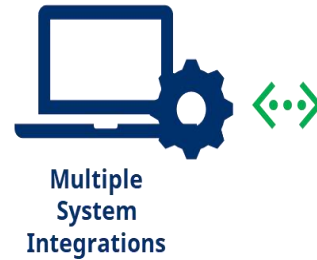
- Manned versus unmanned
- Remote monitoring
- Sensors
- Mixed Reality
- Connected equipment

World Class Practices

- Challenge the conventional practice
- Data driven
- Integrated Asset Model
- Automation is part of Practices
- Remote working

Accelerating autonomous operation thru Seamless Robot Adoptions

- Accelerate adoption of Robotics by connecting business case with the right robot applications
- Integration to **existing automation system** to allow Robots to be part of the workforce
- Contribute **technical and business know-how** of Process Industry in-line with industry (customer) expectations
- Innovate through collaborations with **partners and industry (customers)** to grow Robotics technology
- Provide end to end managed services (RaaS)



Sample Showcases And Development



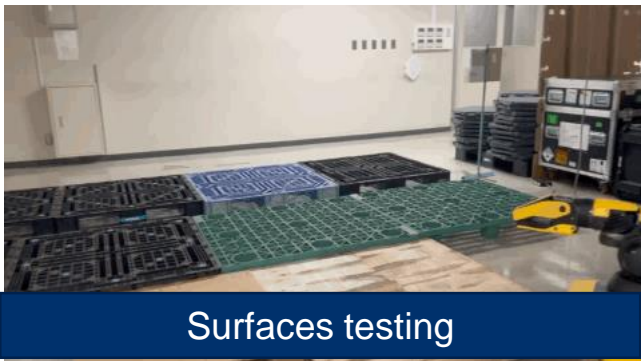
Object detection



Arm operation – moving equipment



Elevator interaction



Surfaces testing



Arm operation – Narrow spaces



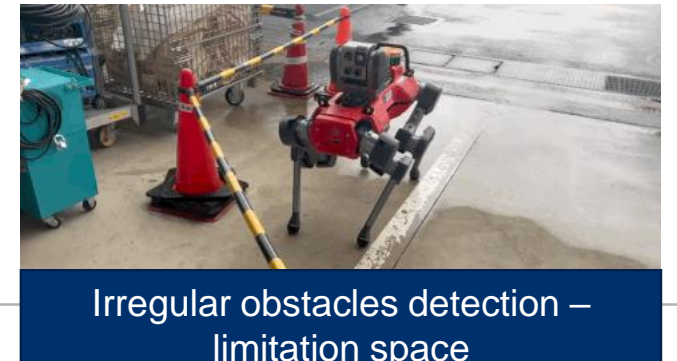
Cliff detection



Rain mission- Reflective surface



Narrow Corridor



Irregular obstacles detection – limitation space

Opportunities

Potential Economic Impact Per Year in 2025			
Total = \$1.2 Trillion to \$3.7 Trillion			
Sized Applications	\$ Billion Annually Low Estimate	\$ Billion Annually High Estimate	Potential Value Gain
Operations Optimization	633	1766	5 - 12% cost reduction
Predictive Maintenance	240	627	10 - 40% cost savings
Inventory Optimization	98	342	20 - 50% cost reduction
Health and Safety	65	226	10 - 25% savings
Human Productivity (Augmented Reality)	30	117	20% productivity
Human Productivity (Monitoring)	22	60	5% productivity
Human Productivity (Reorganization)	17	50	3 - 4% productivity
Manufacturing Logistics	6	50	30% productivity

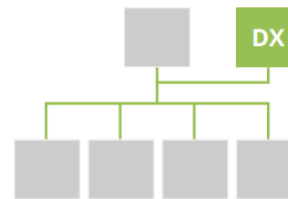
The DX Special Projects Team



Discovering DX

Define DX Mission

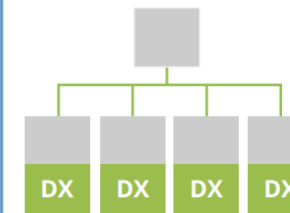
The Office of Digital Transformation



Establishing DX Governance

Establish DX Priorities for Enterprise

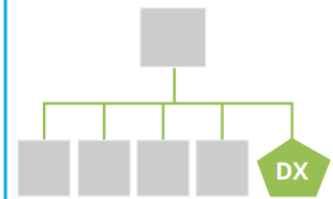
The Embedded Digital Business



Accelerating DX

Implement DX Across Enterprise

The Digital Business Unit



Creating innovative offerings

Create a disruptive business

Key takeaways



We are in the VUCA
(Volatile Uncertain
Complex Ambiguous)
world



Digital technologies
enable more connected
industries, expecting
quick informed decision
can be made
(increasing in
autonomy)



Synergy between three
key elements, Process-
People-Technology is a
must



Good change
management give
excellent result

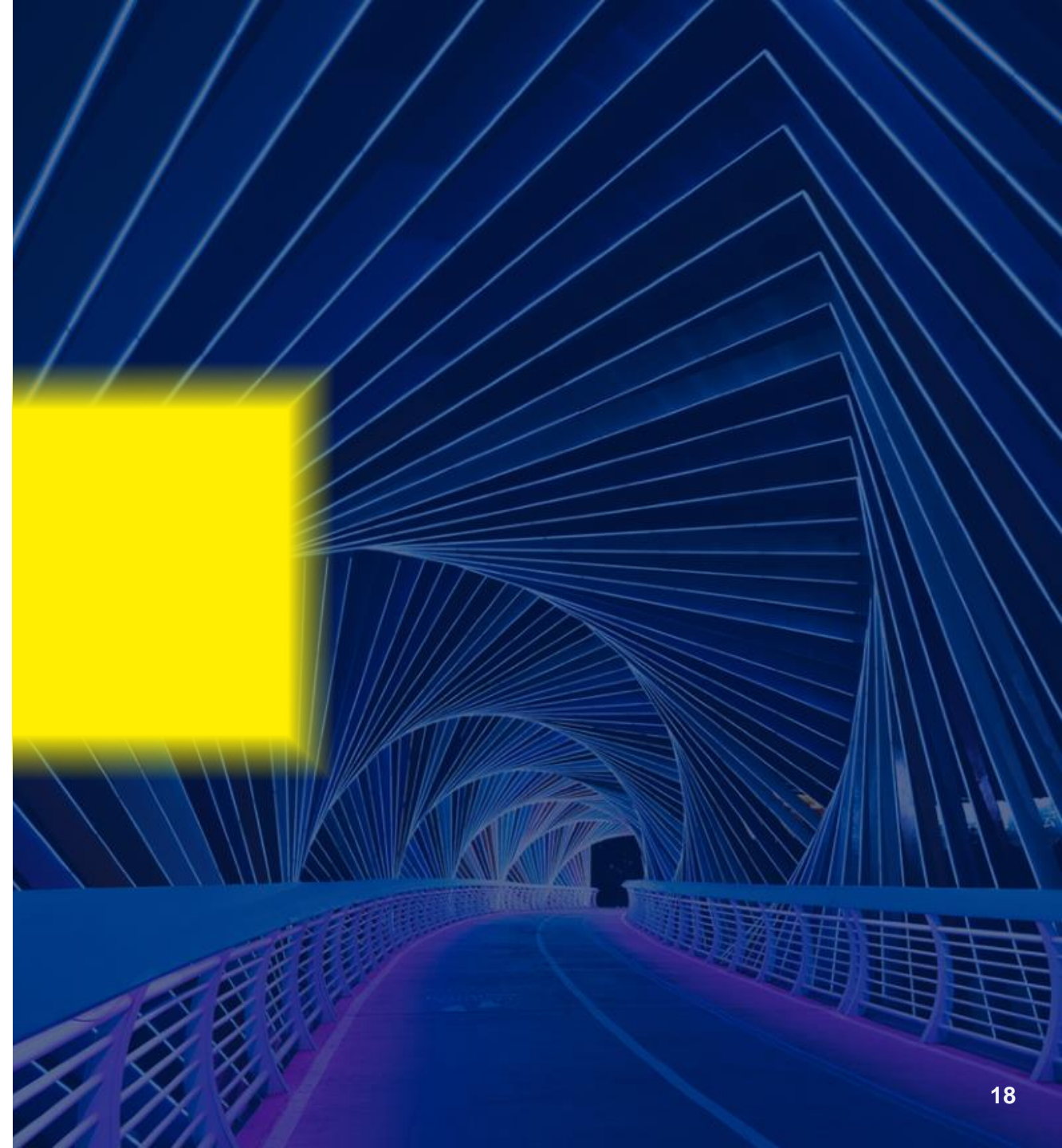


Inhouse expertise
development can bring
various business
opportunities (in
addition of operation
improvements)

Co-innovating tomorrow™

You can't manage what you don't measure

Peter Drucker

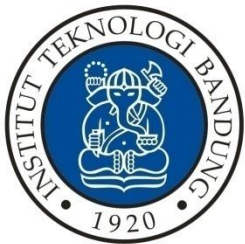


World Metrology Day 2024

Peran Metrologi dalam Inovasi Teknologi untuk Pembangunan Berkelanjutan

Bandung, 06 Juni 2024

Bidang Studi Teknik Instrumentasi untuk Memenuhi Kebutuhan SDM Metrologi dalam Pembangunan Berkelanjutan



Deddy KURNIADI

KK Instrumentasi Kontrol & Otomasi

Fakultas Teknologi Industri

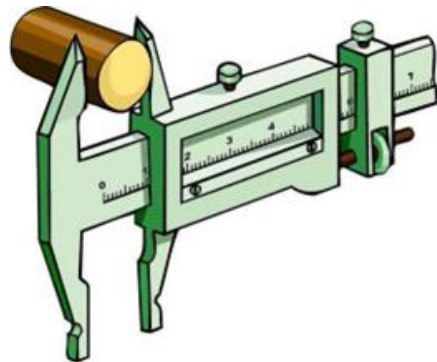
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

2024

PENDAHULUAN

PENGUKURAN

- Proses mengumpulkan informasi dari lingkungan (the physical world)

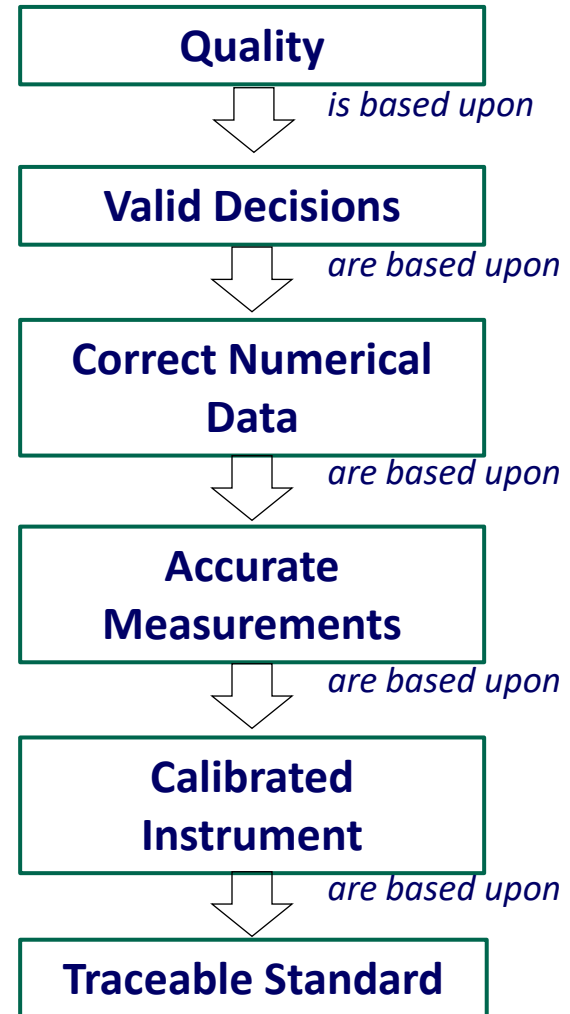


Measurement is everywhere,
playing a vital role in our lives

**Measurement Science is the Science of Sciences
- There is no Science without Measurement**

V. Witkovský & I. Frollo, Measurement science review

why measurement ?



PENDAHULUAN

Metrology "the science of measurement, embracing both experimental and theoretical determinations at any level of uncertainty in any field of science and technology"

the International Bureau of Weights and Measures (BIPM)

(www.bipm.org)



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

SDG [**Sustainable Development Goals**] adalah kumpulan **17 tujuan global** yang ditetapkan oleh PBB (**United Nations, UN**)

■ The 17 GOALS



VISI INDONESIA

Indonesia Emas 2045

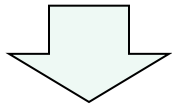
5 besar ekonomi dunia

4 PILAR VISI INDONESIA 2045 :

- 1) Pembangunan Manusia serta Penguasaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK)
- 2) Pembangunan Ekonomi **BERKELANJUTAN**,
- 3) Pemerataan Pembangunan,
- 4) Pemantapan Ketahanan Nasional dan Tata Kelola Pemerintahan.

METROLOGI UNTUK SDG

- **Metrology : a key enabler for realizing the Sustainable Development Goals** [UNIDO]
 - Metrologi adalah pilar fundamental dalam, ilmu pengetahuan, inovasi dan teknologi
 - Metrologi mempunyai peran penting dan menjamin kehidupan yang bermartabat untuk mencapai pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan .



World Metrology Day 2024

We measure today for a sustainable tomorrow

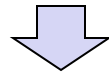


SDM

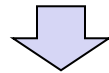


SDM UNTUK METROLOGI

Perkembangan industry, ekonomi, tuntutan pembangunan yang berkelanjutan



Meningkatnya kebutuhan SDM untuk Metrologi



Program pengembangan SDM

- Pendidikan Vokasi
- Pendidikan Sarjana & Pasca Sarjana
- Pelatihan-pelatihan
- Dan lainnya

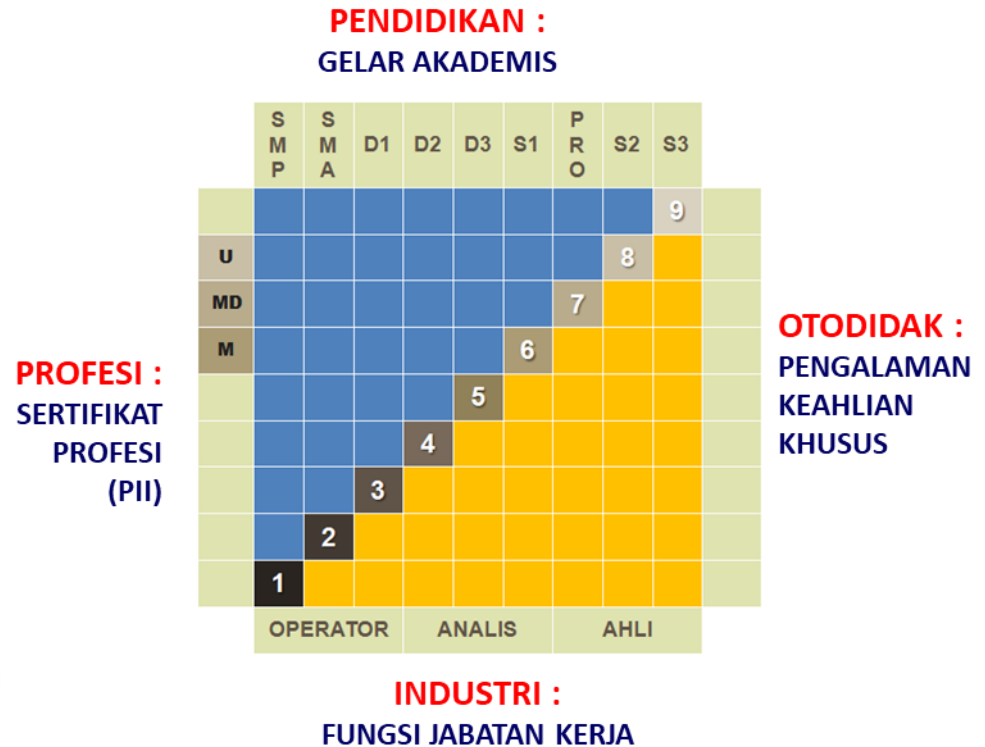


SDM UNTUK METROLOGI

■ Kerangka Kualifikasi

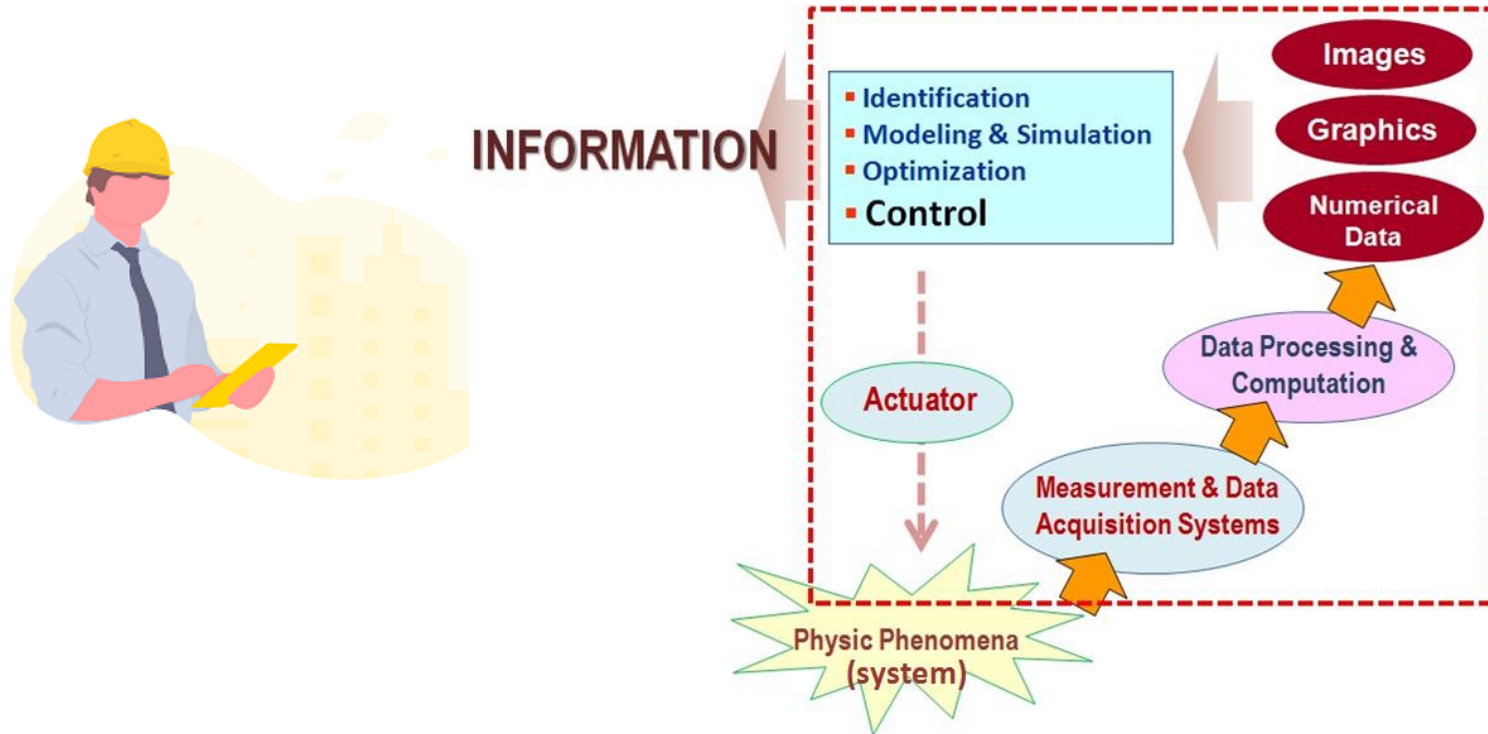


Operators/Technicians <=> Engineers <=> Technologist / Researchers



KKNI : Kerangka kualifikasi Nasional Indonesia

INSTRUMENTASI & METROLOGI

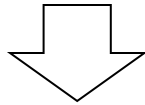


INSTRUMENTASI : Suatu sistem yang memiliki fungsi mulai dari mendeteksi, *mengkuantifikasi (mengukur)*, memantau dan mengontrol besaran atau parameter fisika & kimia, hingga termasuk melakukan identifikasi, pemodelan, simulasi serta integrasi dan optimisasi

PENDIDIKAN BIDANG INSTRUMENTASI

Di dalam Suatu Program Studi

- Teknik Fisika
- Fisika
- Teknik Elektro / Elektronika
- dll



Pada beberapa Universitas sudah berupa program studi tersendiri

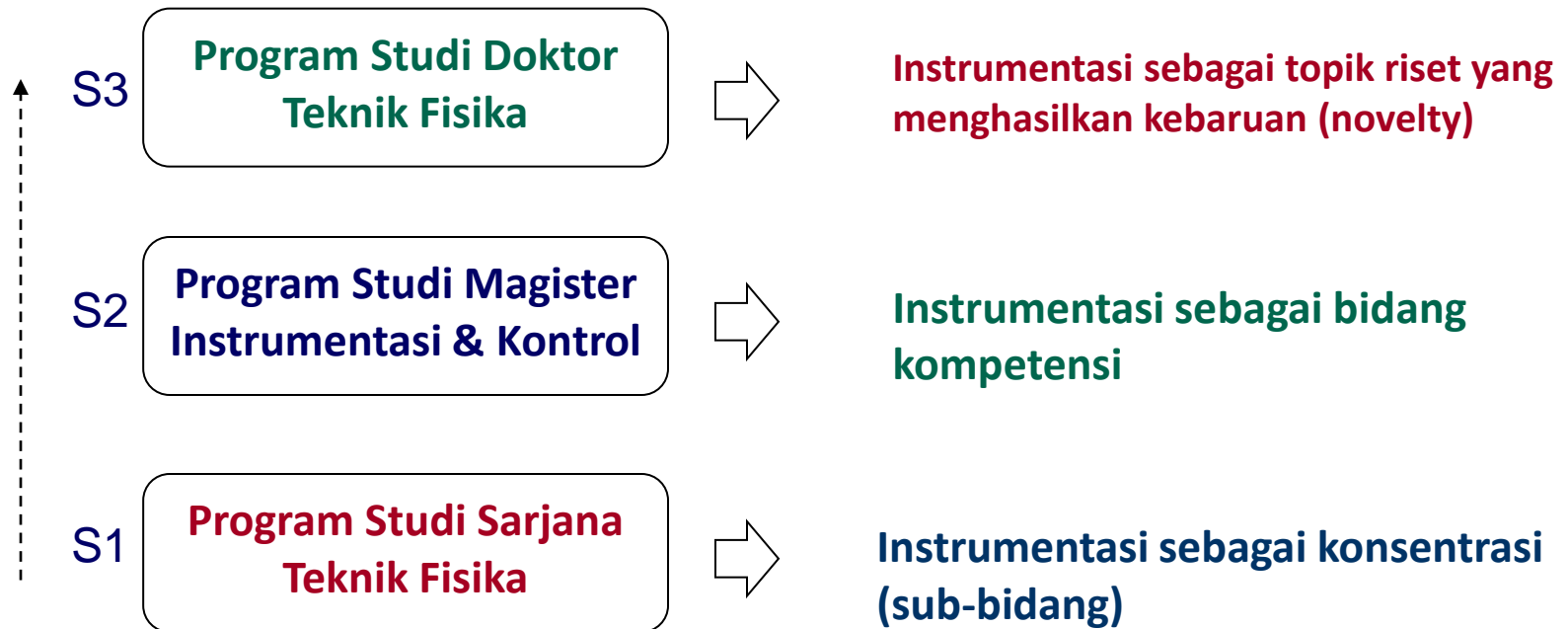


Bidang Instrumentasi dalam bentuk

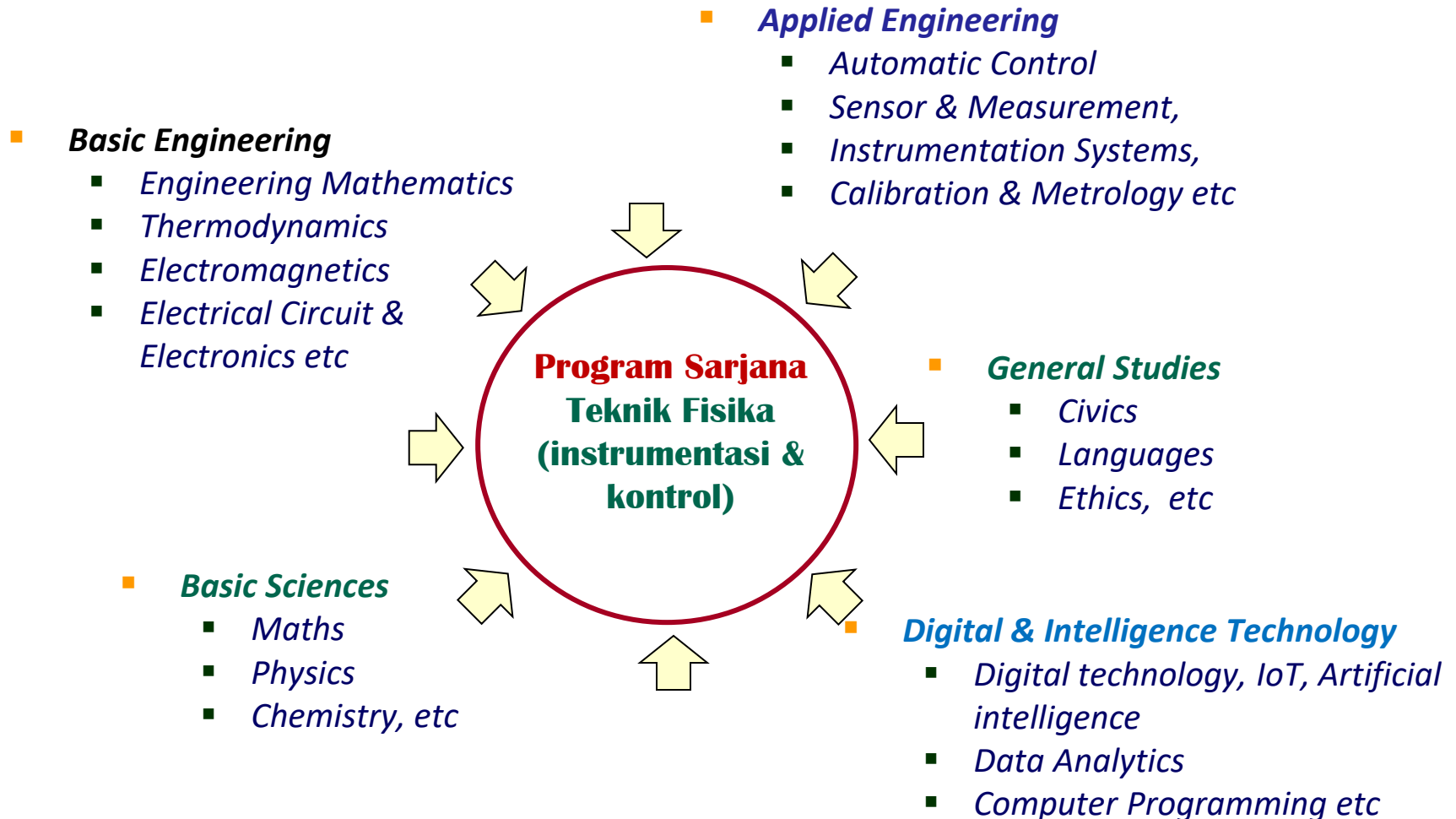
- Bidang Minat
- Konsentrasi atau Jalur
- Sub-Program Studi
- dll

PENDIDIKAN BIDANG INSTRUMENTASI

Bidang studi Instrumentasi & Metrologi dalam program studi Teknik Fisika ITB berikut :

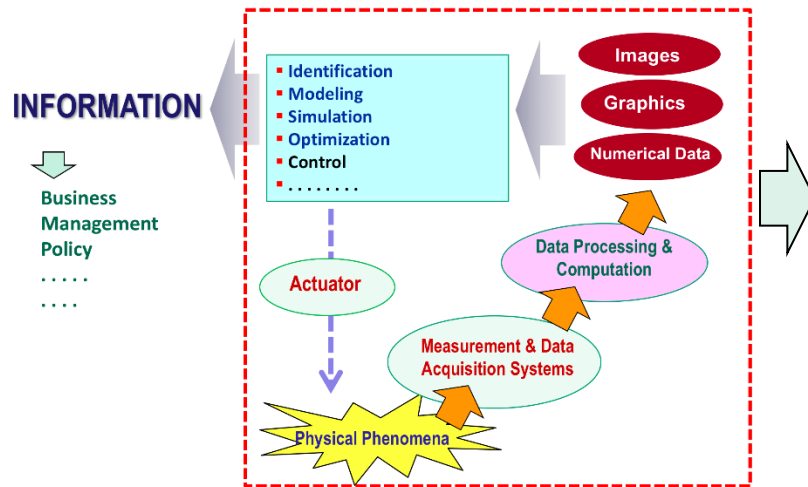


STRUKTUR KURIKULUM



STRUKTUR KURIKULUM

Program Sarjana Teknik Instrumentasi (Prodi Teknik Fisika)

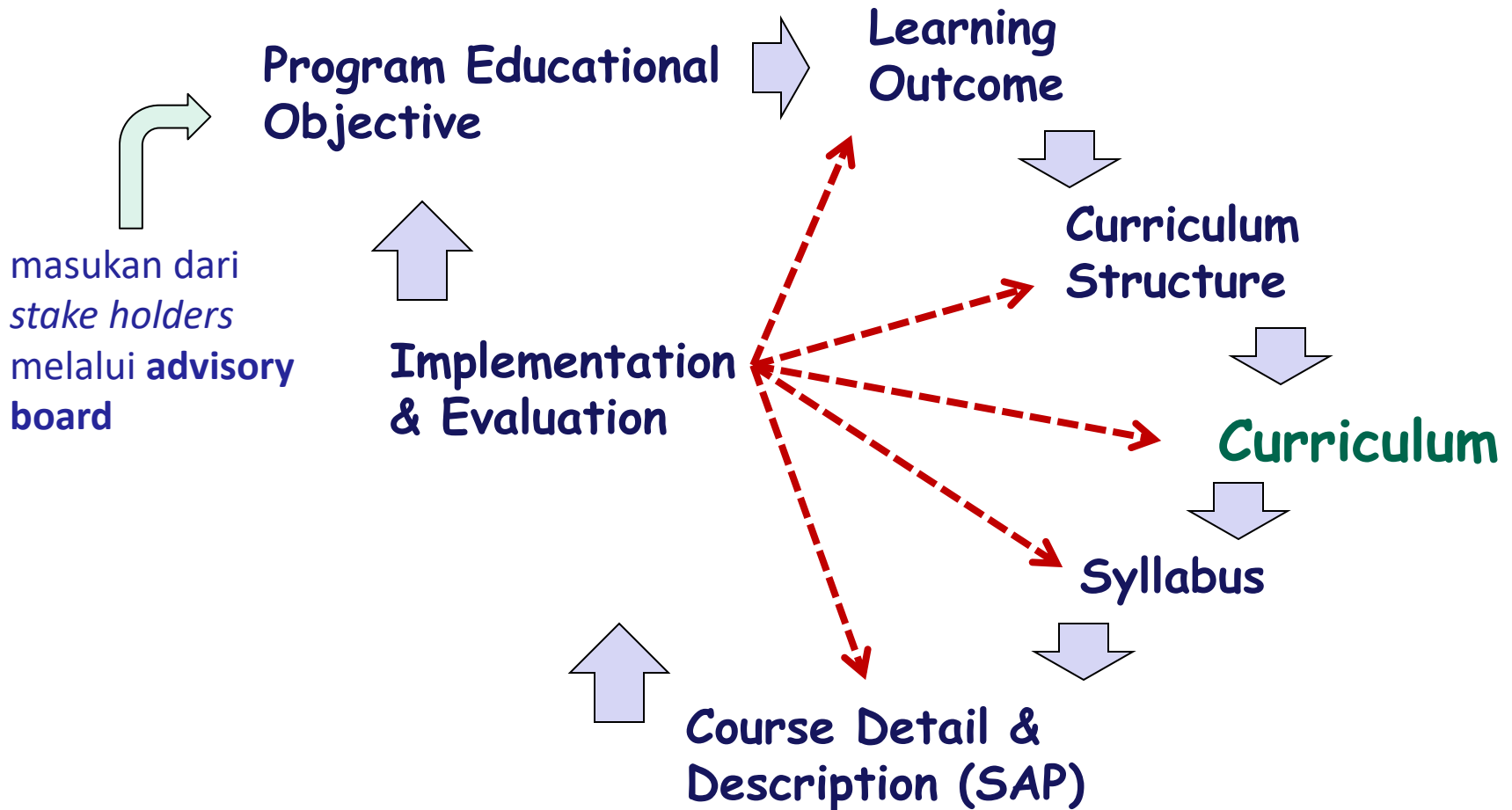


1 st Year	2 nd Year	3 rd Year	4 th Year
	Engineering Mathematics	Measurement Systems	Industrial Instrumentation
Calculus	Electrical / Electronics	Control Engineering	Advanced Measurement
Physics	Digital & Logic System	System Dynamics	Industrial Internship
Chemistry	Electromagnetics	Calibration & Metrology	Final Project
Computer	Fluid Mechanics	Digital Technology	
	Sensor & Actuators		Intelligence Systems

digital technology : IIoT, Cloud Computing, AI, Big Data & Analytics, dsb



PENYUSUNAN KURIKULUM



Tahapan pembentukan kurikulum suatu program studi

PENYUSUNAN KURIKULUM

Contoh : Instrumentasi dalam Kurikulum Sarjana Teknik

- **Tujuan Pendidikan (*program educational objectives*)**
 - *Qualified professional engineers with adequate flexibility and skills in instrumentation & metrology . .*
 - *.....*
 - *.....*

- **Capaian Pembelajaran (*learning outcomes*)**
 - *an ability to identify, formulate, and solve complex engineering problems in metrology and instrumentation systems by applying principles of engineering, science, and mathematics*
 - *.....*
 - *.....*

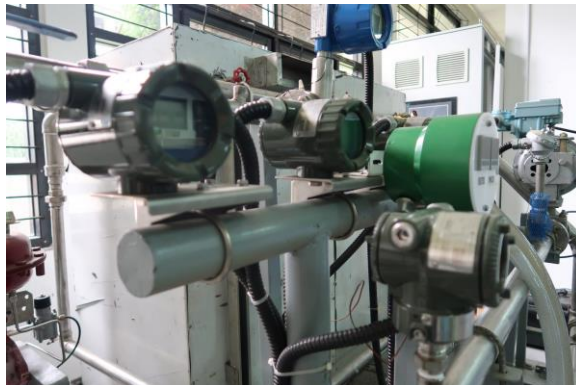
BEBERAPA PROGRAM BIDANG METROLOGI

- Kerja sama pendidikan S2 Instrumentasi & Kontrol untuk 20 orang peneliti di Puslitbang KIM-LIPI (sekarang BRIN) (2000 - . . .)
- Kerja sama pendidikan S2 Instrumentasi dan Kontrol untuk 20 orang (Direktorat Metrologi – Kemendag (2004 - . . .)
- Kerja sama pendirian & Pembinaan Akademi Metrologi & Instrumentasi (Kemendag RI)
- Studi S3 Teknik Fisika
 - Direktorat Metrologi – Kemendag
 - Balai Pengujian Mutu Barang
- Dan lainnya

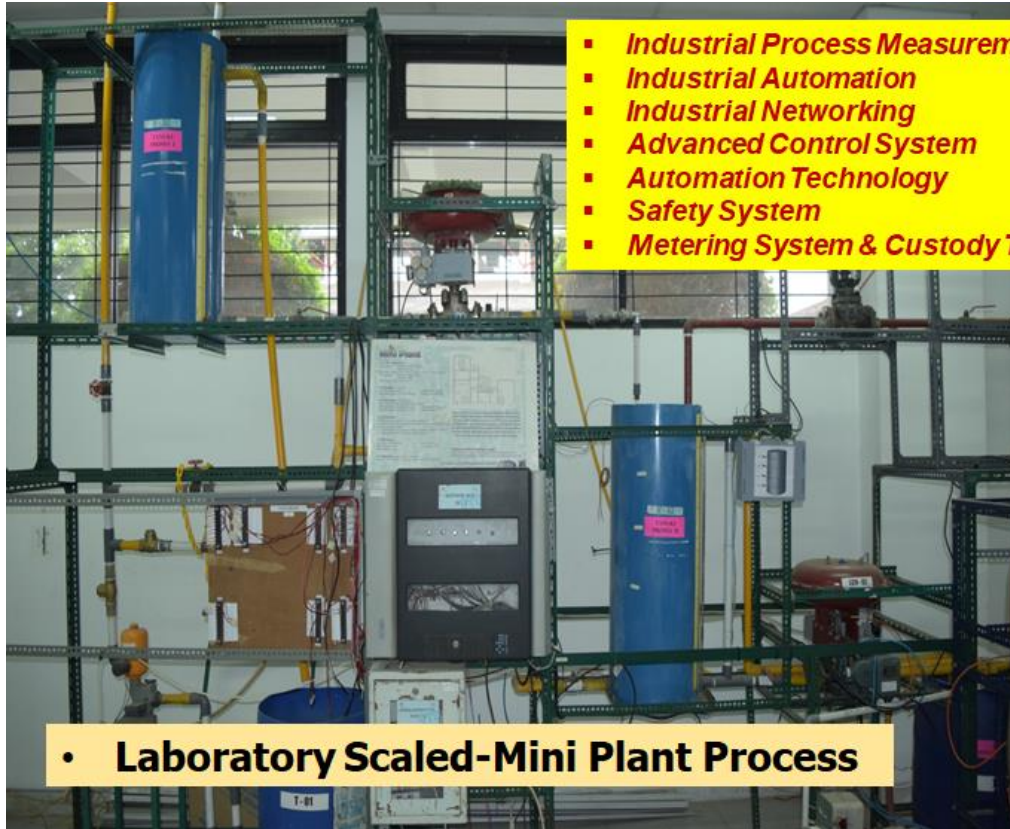
LAB INSTRUMENTASI DI TF ITB

Laboratorium :

- Laboratorium Sistem Instrumentasi, Kontrol, dan Keputusan
- Laboratorium Laser, Optik dan Analisa Citra
- Laboratorium Instrumentasi Industri
- Laboratorium Otomasi dan Kontrol Kecerdasan Buatan
- Laboratorium Instrumentasi Medik
- Laboratorium Instrumentasi Pencitraan dan Ultrasonik
- Laboratorium Kalibrasi



INSTRUMENTASI DI TF ITB



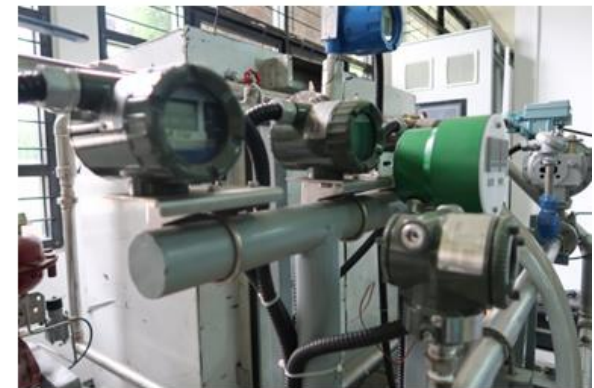
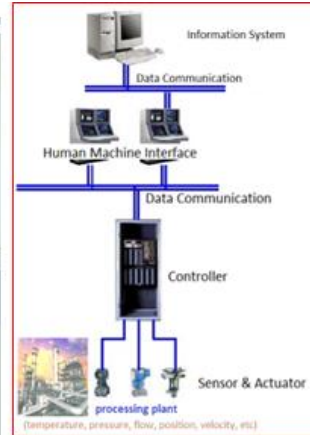
- *Industrial Process Measurement & Control*
- *Industrial Automation*
- *Industrial Networking*
- *Advanced Control System*
- *Automation Technology*
- *Safety System*
- *Metering System & Custody Transfer*

- **Laboratory Scaled-Mini Plant Process**



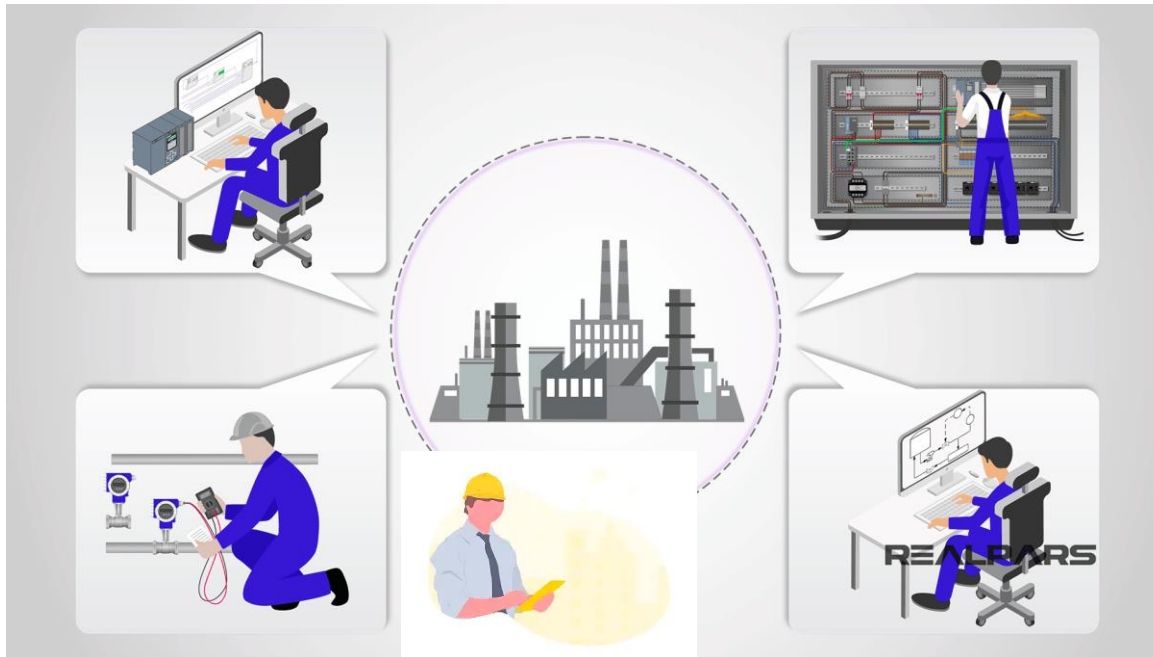
- **4 unit Distributed Control Systems / DCS (2 unit Centum VP Yokogawa, 1 unit CS-3000 Yokogawa, and 1 unit Delta-V Fisher Rosemount)**
- **Programmable Logic Controller / PLC (*Allen-Bradley, Schneider, Yokogawa, Omron, Siemens*)**
- **1 unit Smar Fieldbus Foundation**

INSTRUMENTASI DI TF ITB



PENUTUP

Insinyur Instrumentasi & Metrologi



Peran SNSU-BSN dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan

Helmi Zaini
Laboratorium SNSU-BSN

Seminar dan Workshop Hari Metrologi Sedunia 2024
Kamis, 6 Mei 2024
ITB - Bandung



**ASEAN
INDONESIA
2023**

BerAKHLAK
BerAKHLAK: BerAKHLAK, BerAKHLAK, BerAKHLAK

**#bangga
melayani
bangsa**



bsn_sni



Badan Standardisasi Nasional



www.bsn.go.id

Hari Metrologi



World Metrology Day

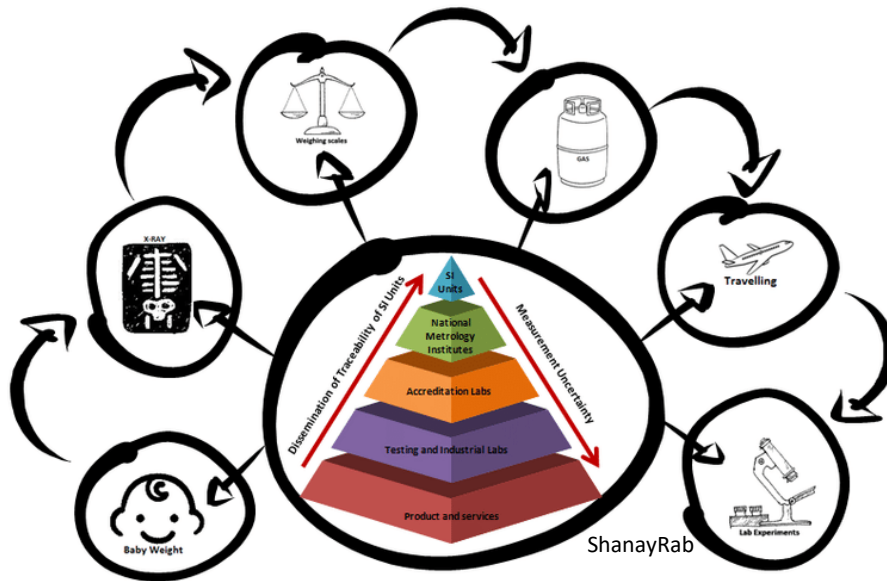
Mei							2024
Min	Sen	Sel	Rab	Kam	Jum	Sab	
			1	2	3	4	
5	6	7	8	9	10	11	
12	13	14	15	16	17	18	
19	20	21	22	23	24	25	
26	27	28	29	30	31		

Sekilas Hari Metrologi

- **Hari Metrologi Sedunia** merupakan perayaan penandatanganan *Konvensi Meter (Perjanjian Meter)* oleh tujuh belas negara pada tanggal **20 Mei 1875**. Hal ini dipicu oleh kebutuhan saat itu untuk menyatukan pengukuran guna mendukung pesatnya *pertumbuhan perdagangan internasional, revolusi industri kedua, dan perbaikan kartografi. (Nature physics)*.
- Pada **sesi ke-42 Konferensi Umum UNESCO** November 2023, tanggal 20 Mei dicanangkan sebagai *Hari Internasional UNESCO*. Kini secara resmi UNESCO menetapkan *Hari Metrologi Sedunia* sebagai *Hari Internasional UNESCO* yang diperingati setiap tahun pada tanggal 20 Mei, mulai tanggal **20 Mei 2024**, sehingga memberikan gambaran lebih luas untuk Hari Metrologi Sedunia.

Metrologi

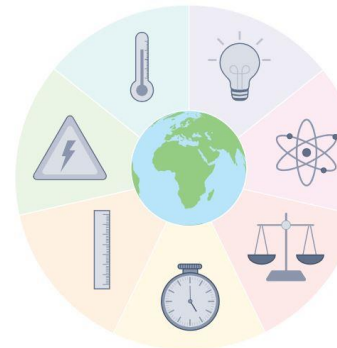
- Metrologi** adalah “ilmu *pengukuran*, yang mencakup penentuan secara eksperimental dan teoritis pada setiap tingkat *ketidakpastian* dalam setiap bidang ilmu pengetahuan dan teknologi” (BIPM, 2004).



ShanayRab



metrologyasiapacific



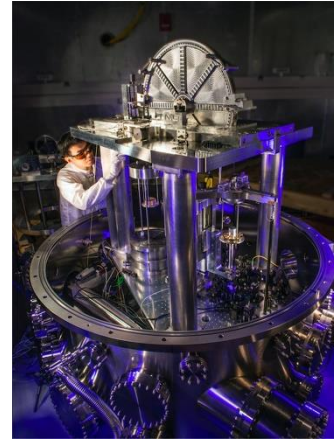
Nature Physics

Transformasi

Wiki, BIPM



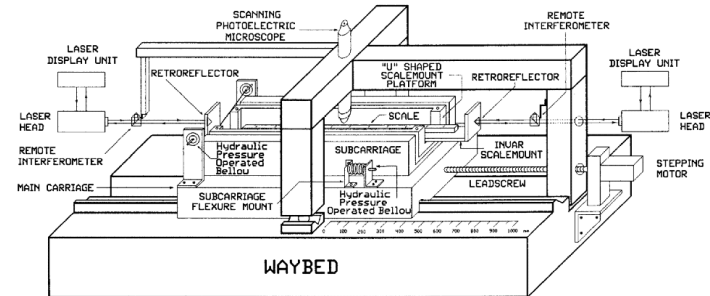
Platinum-Iridium



Kibble Balance

NIST

Laser interferometer



Konstanta fisika

Seven constants for measuring everything

The future SI will be a system of units in which the values of the following seven physical constants will be precisely fixed. The units hertz (Hz), joule (J), coulomb (C), lumen (lm), and watt (W) will be connected to the units second (s), meter (m), kilogram (kg), ampere (A), kelvin (K), mole, and candela (cd) represented here:

K_{cd}

The luminous efficacy of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} Hz is fixed and strictly equal to 683 lm/W (or $\text{lm}\cdot\text{s}^3/\text{m}^2\cdot\text{kg}$ in base units)

N_A

The Avogadro constant is fixed and strictly equal to $6,022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

k

The Boltzmann constant is fixed and strictly equal to $1,380\,649 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ (or $\text{m}^2\cdot\text{kg}/\text{s}^2\cdot\text{K}$ in base units)



h

The Planck constant is fixed and strictly equal to $6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ (or $\text{m}^2\cdot\text{kg}/\text{s}$ in base units)

c

The speed of light in vacuum is fixed and strictly equal to 299,792,458 m/s

$\Delta\nu_{Cs}$

The hyperfine transition frequency of the ground state of the unperturbed caesium 133 atom is fixed and strictly equal to 9,192,631,770 Hz

e

The elementary charge is fixed and strictly equal to $1,602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$ (or $\text{A}\cdot\text{s}$ in base units)

* Constants whose values were not fixed before 2017.

© COMPUTER GRAPHICS: C. HEIN FOR ONIS; LE JOURNAL: SOURCE: PROJET DE RESOLUTION N°1 POUR LA CGPM.

WMD 2024



- **Tema:** Kita Ukur Hari Ini untuk Masa Depan Berkelanjutan
- **Calzadilla-Sarmiento** (*Director of UNIDO's Department of Trade, Investment and Innovation*): Metrologi adalah pilar dasar dalam perdagangan, perbandingan ilmiah, inovasi dan teknologi baru, kerja sama teknis, atau bahkan pertukaran informasi yang sederhana.
- **Dr. Tamador S. Saeed** (*Founder of "Metrology for All"*): Metrologi merupakan pilar dasar dari sistem infrastruktur mutu dan berperan penting dalam berkontribusi terhadap tujuan *Pembangunan Berkelanjutan PBB (Sustainable Development Goals; SDGs)*

SDGs

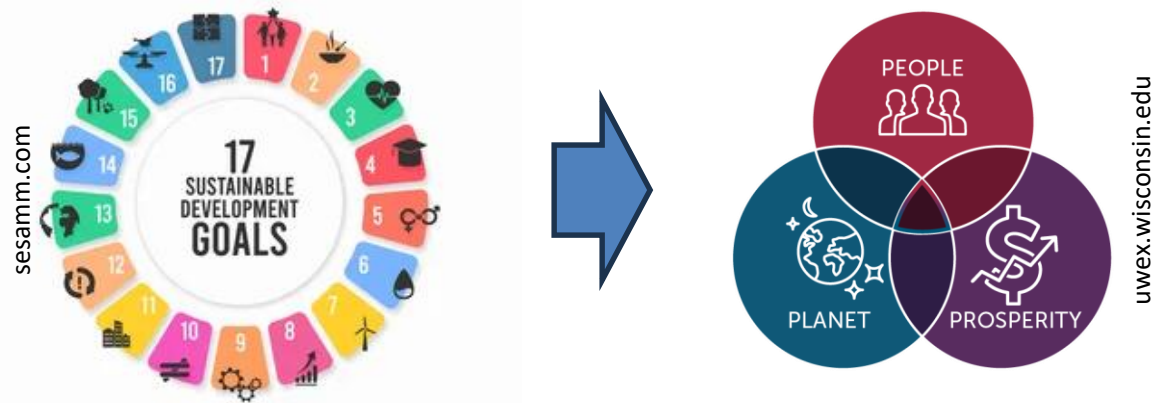
Metrology contributes
to most SDGs



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

<p>1 TANPA KEMISKINAN</p>	<p>2 TANPA KELAPARAN</p>	<p>3 KEHIDUPAN SEHAT DAN SEJAHTERA</p>	<p>4 PENDIDIKAN BERKUALITAS</p>	<p>5 KESETARAAN GENDER</p>	<p>6 AIR BERSIH DAN SANITASI LAYAK</p>
<p>7 ENERGI BERSIH DAN TERJANGKAU</p>	<p>8 PEKERJAAN LAYAK DAN PERTUMBUHAN EKONOMI</p>	<p>9 INDUSTRI, INOVASI DAN INFRASTRUKTUR</p>	<p>10 BERKURANGNYA KESENJANGAN</p>	<p>11 KOTA DAN PEMUKIMAN YANG BERKELANJUTAN</p>	<p>12 KONSUMSI DAN PRODUKSI YANG BERTANGGUNG JAWAB</p>
<p>13 PENANGANAN PERUBAHAN IKLIM</p>	<p>14 EKOSISTEM LAUTAN</p>	<p>15 EKOSISTEM DARATAN</p>	<p>16 PERDAMAIAN, KEADILAN DAN KELEMBAGAAN YANG TANGGUH</p>	<p>17 KEMITRAAN UNTUK MENCAIPI TUJUAN</p>	<p>LOCALISE SDGs</p>

Simplifikasi



Pembangunan berkelanjutan dirinci dalam 17 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Untuk menyederhanakan pembagian ini disebut “3 P”, **People** (Manusia), **Planet** (Planet), dan **Prosperity** (Kemakmuran). Penggabungan ke tingkat ini memungkinkan analisis yang lebih jelas berdasarkan “pilar” pembangunan berkelanjutan: **Sosial** (*manusia*), **Lingkungan hidup** (*planet*), dan **Ekonomi** (*kemakmuran*). (hub.unido.org/qi4sd/sdg)

QI4SD INDEX

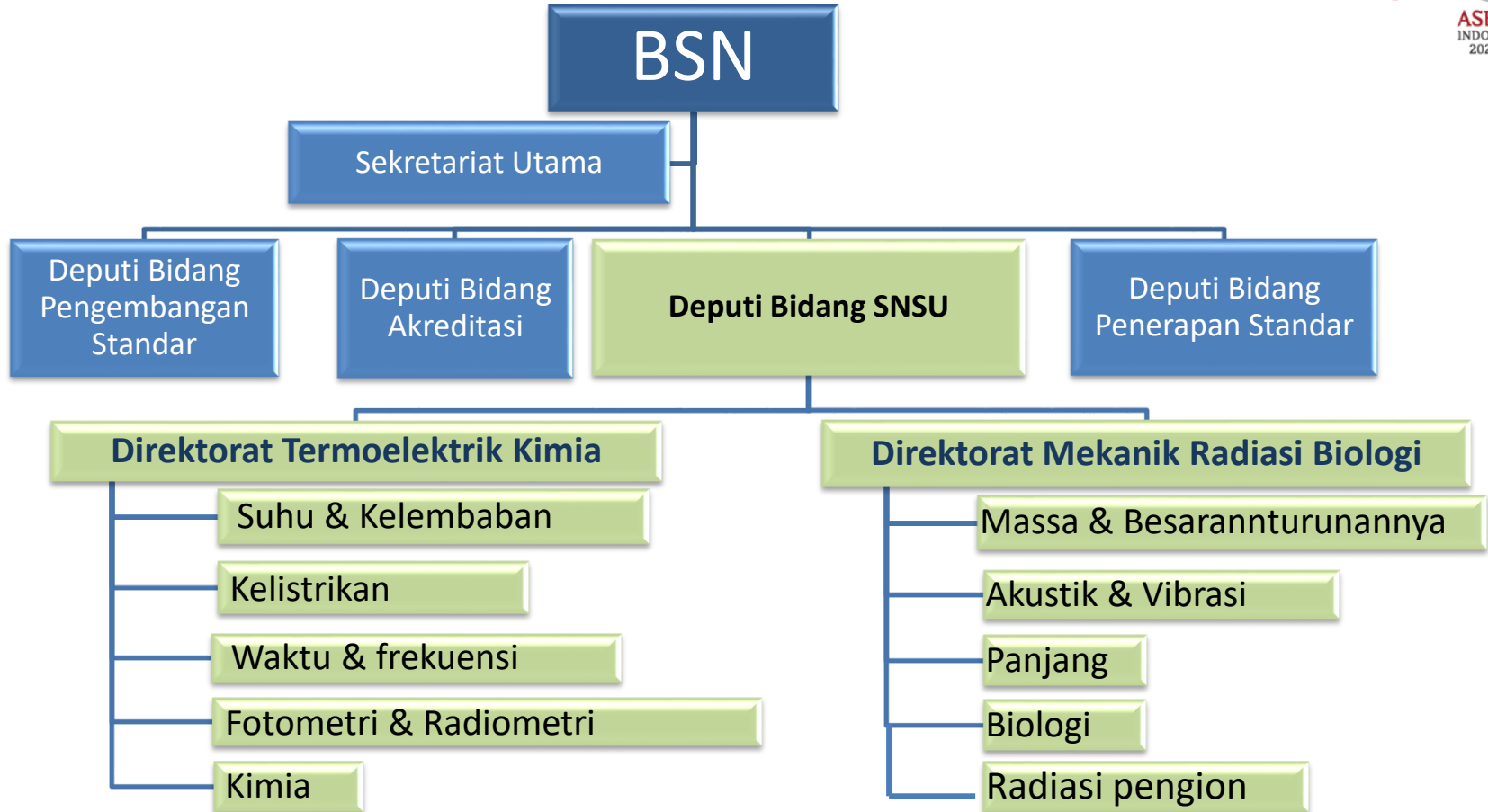
Hasil Survey UNIDO Tahun 2022 : Status Pengelolaan Infrastruktur Mutu di 137 Negara Anggota PBB



Rangking berdasarkan indikator : **People (42)**, **Planet (41)**, **Prosperity (40)**

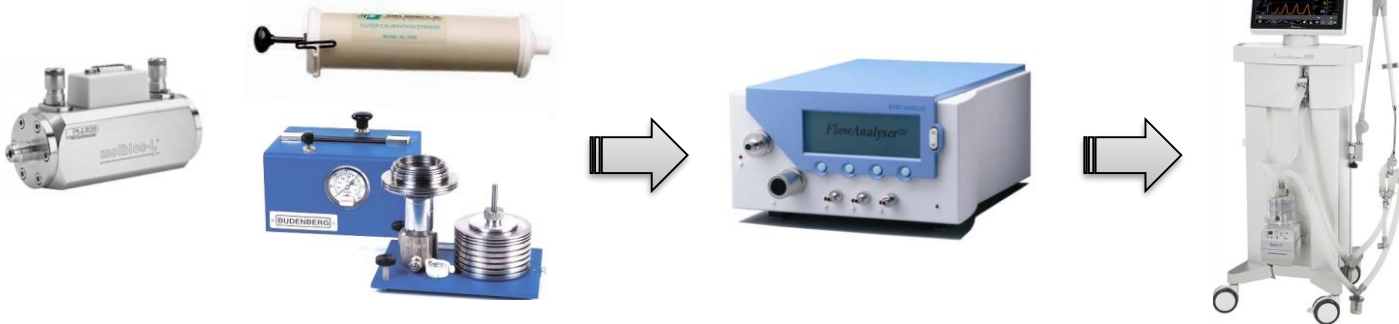
(hub.unido.org/qi4sd/sdg)

QI4SD Quality Infrastructure
for Sustainable
Development Index



Laboratorium SNSU- Massa dan Turunannya 01

- Sektor Kesehatan
- Pengembangan Ketertelusuran Ventilator Tester
- Pilot Study bersama dengan 6 negara APMP lainnya (Korea Selatan, Chinese Taipei, China, Thailand, Mesir, India) untuk Uji Banding Ventilator Tester
- Pengambilan data di Indonesia pada Juli/Agustus 2024



Development of Ventilator Tester (Pressure Laboratory)



UBLK Ventilator (SNSU BSN – BPFK Surabaya)

Kerjasama



Peserta

24 Medical Calibration
Laboratores



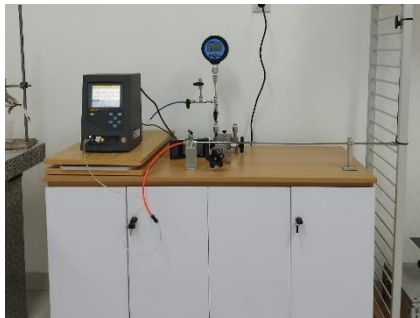
- Kegiatan UBLK Ventilator untuk Pengukuran Volume Tidal
- Dilaksanakan pada tahun 2023 bekerjasama dengan BPFK Surabaya dan diikuti oleh 24 Laboratorium Kalibrasi.

Laboratorium SNSU- Massa dan Turunannya 03

- Sektor Kesehatan
- Pengembangan Ketertelusuran Infusion Device Analyzer (IDA)



Development of Infusion Device Analyzer calibration system



Deskripsi

Infusion Device Analyzer (IDA) digunakan untuk mengkalibrasi *Infusion Pumps* dan *Syringe Pumps*. IDA mengukur laju aliran cairan yang dialirkan oleh *Infusion pumps/ Syringe pumps*, serta tekanan oklusinya.

Metoda

Pengukuran laju aliran cairan dilakukan dengan metode gravimetrik terhadap waktu, dan pengukuran tekanan menggunakan perbandingan langsung dengan *Pressure Measurement Device (PMD)*

Kemampuan

Sistem yang dibuat dapat menghasilkan laju aliran 10 ml/jam – 1000 ml/jam

Development of Medical Devices (Flow Laboratory)



Laboratorium SNSU- Akustik & Vibrasi

- Sektor Kesehatan
- Tujuan Ketertelusuran kalibrasi Audiometer
- Deskripsi kalibrasi sound level meter dengan sensor mikrofon pressure berukuran 1 inchi di dalam coupler acoustic.
- Metoda menggunakan multifunction acoustic calibrator secara tidak langsung

Laboratorium SNSU- Akustik & Vibrasi

Hasil UBLK 2023

Frek.	ACUAN		Peserta ke-8			
	Standar	U Acuan	UUT	Lab-Ref	U Lab	E_n
(Hz)	dB	dB	dB	dB	dB	Ratio
63	-26.3	0.3	-0.7	0.0	0.3	0.0
125	-16.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0
250	-8.5	0.2	0.4	-0.2	0.3	0.6
500	-2.9	0.2	0.3	0.0	0.3	0.0
1 000	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0
2 000	1.1	0.3	-0.1	-0.2	0.3	0.5
4 000	0.4	0.3	-1.6	0.1	0.4	0.2
8 000	-2.6	0.4	-4.7	0.1	0.5	0.1



Laboratorium SNSU- Kelistrikan

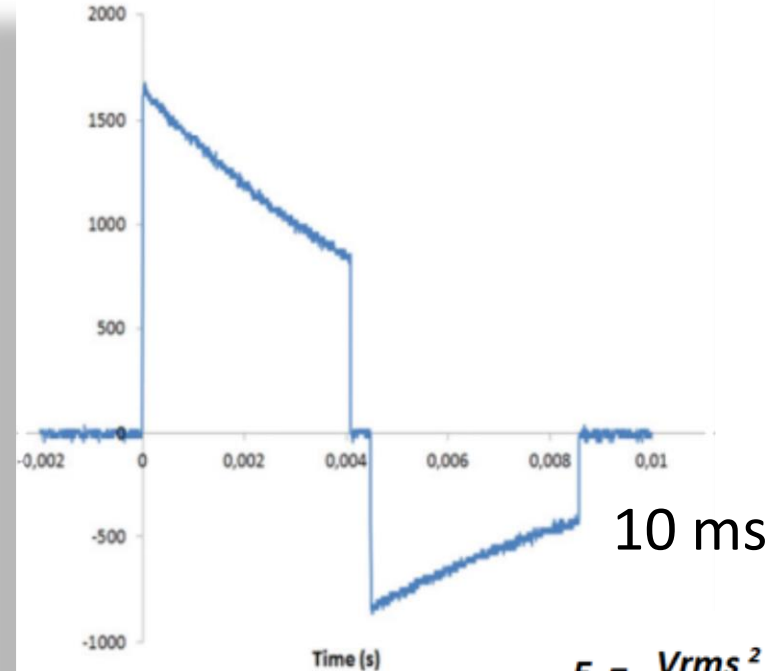
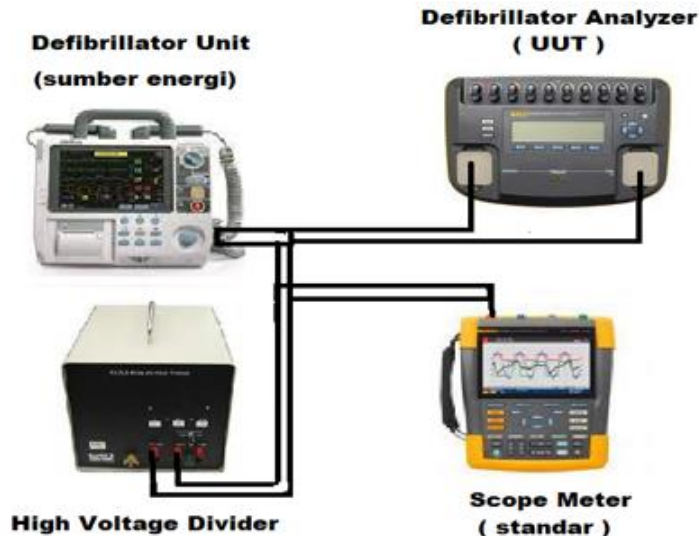
- Pengembangan Metode Kalibrasi di Sektor Kesehatan, untuk perangkat Defibrillator Analyzer.
- Tujuan pengembangan untuk memvalidasi metode yang sudah ada.

Laboratorium SNSU- Kelistrikan

- Defibrillator merupakan perangkat medis yang memberikan kejutan listrik ke jantung, untuk mengatur irama jantung pada pasien yang menderita gangguan irama jantung. Gangguan yang membuat jantung tidak dapat memompa darah sebagaimana mestinya.
- Perangkat medis defibrillator harus dilakukan uji dan/atau kalibrasi secara berkala. (**Permenkes 54 Thn. 2015**)
- Secara umum di Indonesia, Defibrillator dikalibrasi dengan Defibrillator Analyzer.

Laboratorium SNSU- Kelistrikan

- Metode saat ini untuk mengkalibrasi Defibrillator Analyzer



- Biphasic

$$E = \frac{V_{rms}^2}{R} \times t$$

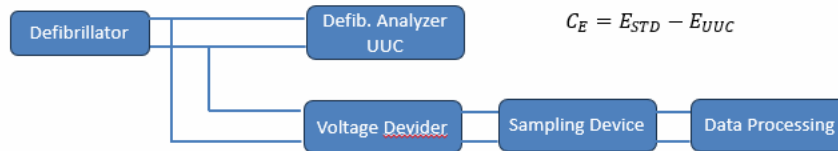
Laboratorium SNSU- Kelistrikan

- Metode pengembangan

Defibrillator Analyzer Calibration

Metode Kalibrasi

- ❖ Metode Sampling/Integration (voltage square).



$$E_{STD} = \int_{t_o}^t P(t)dt = \frac{\int_{t_o}^t V^2(t)dt}{R} = \frac{\int_{t_o}^t (r \cdot V_o(t))^2 dt}{R}$$

Defibrillator Analyzer Calibration

Metode Kalibrasi

- ❖ Metode Sampling/Integration (voltage square).

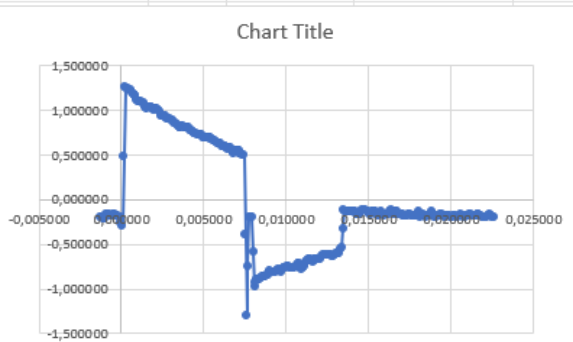
$$E_{STD} = \frac{\int_{t_o}^t (r \cdot V_o(t))^2 dt}{R} = \frac{1}{R} \cdot \left(\sum_{i=t_o}^{N-t} (r \cdot V_{oi}(t))^2 \right) \cdot \Delta t = \frac{1}{R} \cdot (r \cdot V)^2 \cdot \frac{T}{N}$$

R	: Resistansi Defib. Analyzer
r	: Rasio divider
V	: Tegangan sebagai fungsi waktu
Δt	: Interval dari sampling
T	: Total waktu sampling
N	: Jumlah sampling

Laboratorium SNSU- Kelistrikan

- Data

Date	08/12/2010
Time	18:53:53
X Scale	4.00E-3
X At 0%	-1280001600.00E-12
X Resolution	5.00E1
X Size	300
X Unit	s
X Label	4.0ms/Div
Y Scale	5.00E-1
Y At 50%	0.00E0
Y Resolution	24739.00E-3
Y Size	256
Y Unit	V
Y Label	Volts
Version V11.46	
Kolom A (s)	Kolom B (V)
-0,001280	-0,200000
-0,001200	-0,200000
-0,001120	-0,220000
-0,001040	-0,220000
-0,000960	-0,180000
-0,000880	-0,160000
-0,000800	-0,160000



Lebar waktu 1 pulsa	T	0,013600 s
Jumlah data sampling	N	171 data
Resistansi Defib. Analyze	R	50,117 ohm
Rasio Divider	r	1000 kali
Jumlah Teg Kuadrat		122626000,000000 V^2
Energi Hitung	E(STD)	194,5988609 Joule
	E(UUT)	200 Joule
	Error	2,7 %

Laboratorium SNSU- Waktu dan Frekuensi

- Sektor : kesehatan
- Tujuan : Menjamin ketertelusuran peralatan Kesehatan frekuensi rendah
- Deskripsi : Alat-alat Kesehatan khususnya yang berhubungan langsung dengan tubuh manusia digunakan untuk mengukur frekuensi yang rendah dibawah 10 Hz, seperti untuk mengukur denyut jantung atau pernapasan. SNSU-BSN saat ini telah memiliki lingkup pengukuran yang dapat mendukung hal tersebut.
- Metoda : Untuk mengkalibrasi alat-alat Kesehatan ini digunakan metode pengukuran langsung dengan menggunakan signal generator atau frekuensi counter yang mendapatkan frekuensi referens dari jam atom cesium Microsemi 5071A yang tertelusur ke SI

AMENDMENT ANNEX OF ACCREDITATION SCOPE LK 070 IDN – SNI ISO/IEC 17025:2017 (ISO/IEC 17025:2017) ¹⁾

Laboratory Name Address Telephone Faximile Email	: Laboratorium Standar Nasional Satuan Ukuran (SNSU) - Badan Standardisasi Nasional : Komplek PUSPIPTEK Gedung 1 dan Gedung 2 BSN, Setu, Tangerang Selatan, Banten : (021) 7560533, 7560534, 7560571 : - : sparta@bsn.go.id	Granted on February 2 nd , 2022 valid until February 1 st , 2027 1 st amendment : 18 July 2022 2 nd amendment : 20 December 2023
---	---	---

Capability of calibration and measurement

No.	Quantity	Type of Standards, Measuring Devices, or Object Measured and/or calibrated	Range	Expanded Uncertainty *)	Calibration method or Standard document	Remarks
27	Electricity	Radio frequency power: Calibration factor and effective efficiency in coaxial line Thermistor, Barretter, Power Sensor	10 MHz ~ 1 GHz 2 GHz ~ 3 GHz	0,81 % 1,2 %	LME. 9.01 Direct method	
28	Time and Frequency	Local Frequency Standard	1 MHz 5 MHz 10 MHz	3.0E-13 s/s 3.0E-13 s/s 3.0E-13 s/s	LMF. 2.01 Phase time method	
29	Time and Frequency	General Frequency Source	0.01 Hz ~ 10 Hz 10 Hz ~ 1E+09 Hz 1E+09 Hz ~ 12.4E+09 Hz	7E-05 to 7E-07 Hz/Hz 7E-07 to 2E-12 Hz/Hz 2E-12 Hz/Hz	LMF. 2.02 Direct method	
30	Time and Frequency	Frequency Counter	0.01 Hz ~ 10 Hz 10 Hz ~ 1.0E+07 Hz 1E+07 Hz ~ 3.2E+09 Hz 3.2E+09 Hz ~ 12.4E+09 Hz	2E-04 to 3.4E-06 Hz/Hz 3.4E-06 to 2.4E-11 Hz/Hz 2.4E-11 to 3.8E-11 Hz/Hz 6.3E-12 Hz/Hz	LMF. 2.03 Direct method	

Laboratorium SNSU- Waktu dan Frekuensi

- Foto peralatan



Waveform Generator
Keysight 33622A



Frequency Counter
Agilent 53132A



Cesium Clock
Microsemi 5071A

Laboratorium SNSU-Suhu



- **Sektor Kesehatan**
- Pengembangan prototipe sistem kalibrasi thermometer telinga

PRT Pt-100

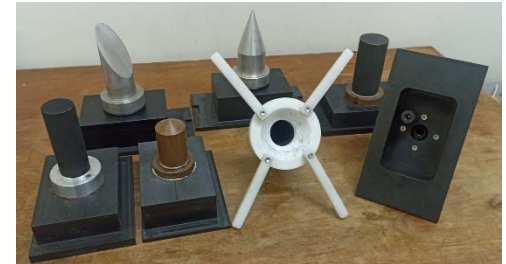


Termometer
telinga (sedang
dikalibrasi)

Termometer telinga
dibandingkan terhadap
penunjukan sensor standar
(PRT Pt-100)



Rongga BB diinstal pada
bak air menyediakan suhu
terkontrol pada rentang
(30 – 45) °C



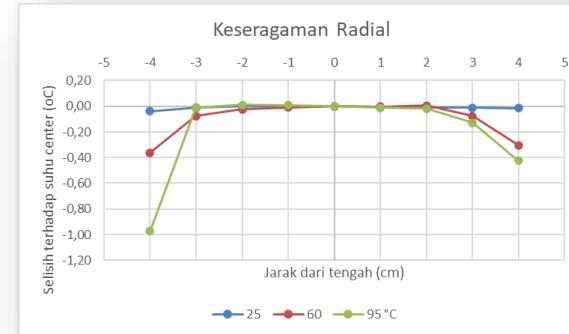
Berbagai tipe rongga *Blackbody*
untuk kalibrasi thermometer
telinga

Laboratorium SNSU-Suhu

- **Sektor Kesehatan**
- Pengembangan prototipe kalibrator thermal imager



Rentang Ukur 30 – 95 °C



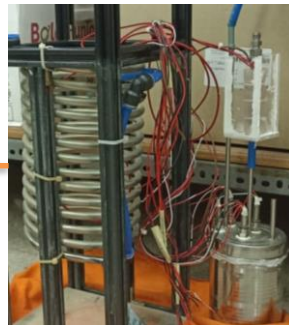
- Keseragaman suhu $< 0,1$ °C hingga diameter sekitar 60 mm
- Ketidak stabilan suhu $< 0,02$ °C

Laboratorium SNSU-Suhu

- **Sektor Energi Terbarukan**
- Pengembangan Standar primer kelembapan (Humidity Generator)
- Untuk Keperluan pengujian sel surya diperlukan pengukuran pada kelembapan tinggi, di suhu tinggi (> 60 oC DP)



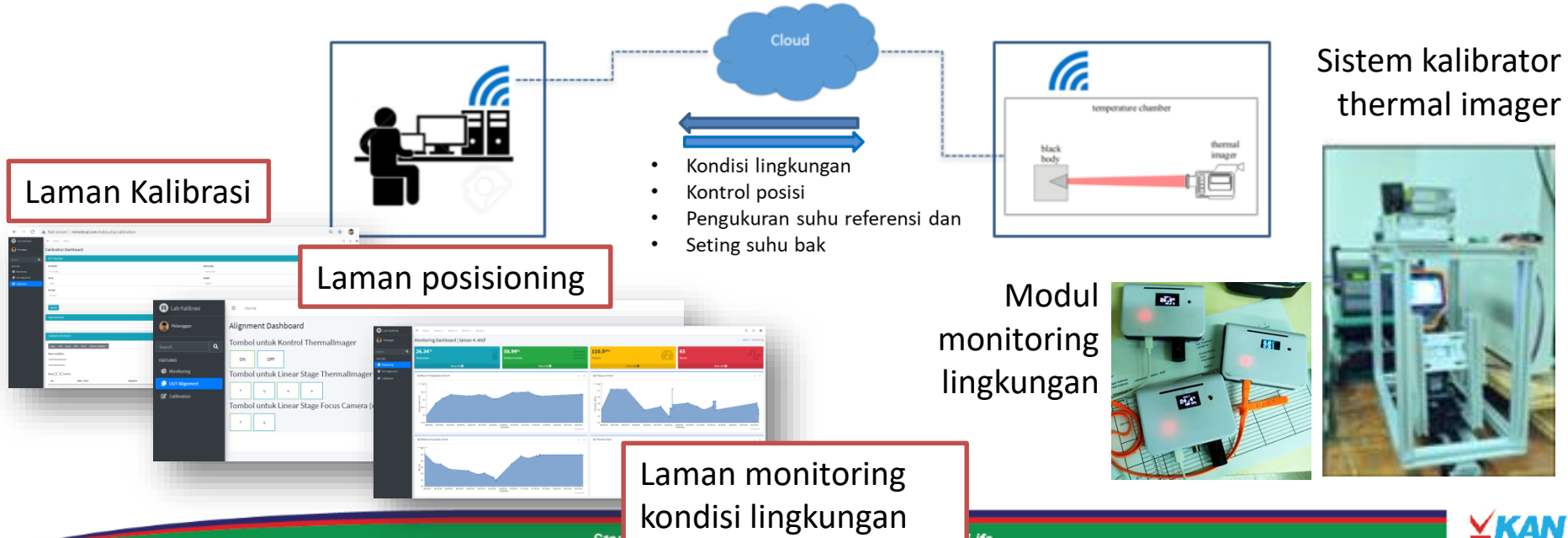
Single
Temperature
Humidity
Generator



Sistem
saturator
uap air

Laboratorium SNSU-Suhu

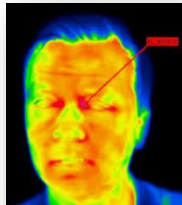
- **Transformasi digital**
- Pengembangan sistem kalibrator thermal imager dengan konsep kalibrasi jarak jauh



Laboratorium SNSU-Suhu (Kerjasama Internasional)

Sektor lingkungan dan perubahan iklim:

- Uji banding kalibrasi air thermometer (APMP.T-K17) → untuk pengukuran Profile udara atmosphere (Radiosonde)



Sektor Kesehatan:

- Pengembangan dan Uji banding kalibrasi thermal imager, sebagai response kebutuhan penanganan covid → APMP TCT COVID-2021-02



Sektor: Lingkungan (Kerjasama BSN – PTB Jerman)

“STRENGTHENING QUALITY INFRASTRUCTURE SERVICES FOR ENVIRONMENTAL AND CLIMATE MONITORING” (ECMI)

Tujuan:

1. meningkatkan kapasitas Lembaga Metrologi Nasional (SNSU-BSN) dalam memastikan ketertelusuran dan diseminasi hasil pengukuran di ruang lingkup lingkungan dan iklim (khususnya analisis air dan udara)
2. meningkatkan kapasitas laboratorium pengujian dan kalibrasi untuk menyediakan layanan di bidang analisis air dan udara yang relevan untuk pemantauan iklim dan lingkungan.

- Pengukuran yang akurat, reliabel dan tertelusur dari air dan udara menjadi basis yang penting untuk mendukung pemantauan parameter air limbah dan penurunan emisi dalam upaya mencapai target Net Zero Emission.
- Oleh karena nya, penyediaan data-data pengukuran dan pemantauan air dan udara yang akurat dan valid menjadi sangatlah penting bagi pemerintah yang berpedoman pada legalitas/regulasi yang berlaku di dalam negeri maupun internasional mengenai ambang batas air dan udara untuk memutuskan kebijakan lingkungan yang tepat.
- Hal ini dapat dicapai dengan memastikan bahwa instrument/peralatan pengukuran yang digunakan di laboratorium lingkungan, di sistem pemantauan air dan udara telah dikalibrasi dengan bahan acuan tersertifikasi yang tertelusur (*Certified Reference Material-CRM*) agar menghasilkan data dengan keakuratan tinggi.



Dalam upaya meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan kelestarian lingkungan

1. Ruang Lingkup Pengukuran Air Limbah





UJI PROFISIENSI

LABORATORIUM SNSU KIMIA BSN - 2024

Depuis Bidang Standar Nasional Satuan Ukuran - BSN kembali akan menyelenggarakan sistem Uji Profisiensi berbasis akurasi dengan nilai acuan dan terdistribusi ke Satuan Internasional SI (Accuracy Based Proficiency Testing) pada Tahun 2024 untuk matriks uji sebagai berikut:

KODE SKEMA	MATRIKS UJI	TARIF
IDNPT-14	Cas CO dalam Matriks N ₂ (5-6% mol/mol)	Rp. 3.000.000,-
IDNPT-15	Unsur dalam Matriks Air Limbah (As, Cd, Co, Ni, Se)	Rp. 1.500.000,-

*Harga belum termasuk pengiriman

TIMELINE

- Pengumuman dan pendaftaran : 26 April - 30 Juni
- Distribusi sampel : Juni - Juli
- Dates waktu laporan hasil uji oleh peserta : Agustus
- Laporan Interim : September
- Laporan akhir UP dan sertifikat : Oktober

sparta.bsn.go.id

Informasi lebih lanjut dapat menghubungi kontak @bawah ini

Alamat Kantor: Gedung BSN
C/L 504 K31 83 Makasar
Jl. Tj. Pahlawan, Gedung 1575A,
Banteng, Yogyakarta

lap.mediab@bn.go.id
lap.mediab@gmail.com
www.bsn.go.id

0279 65794 33
(LAPK BSN)

Penyediaan Skema Uji Profisiensi air Limbah

SNSU-BSN



As, Cd, Co, Ni, Se

PSIKLH



pH, DHL, COD, Logam

IPB



Total Cr, Cr⁶⁺, & NH₃-N

BBSPIJ Medan



pH

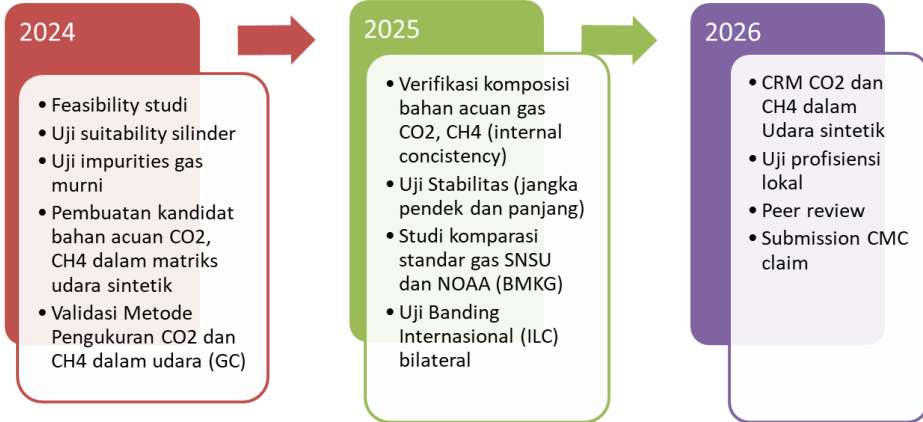
BBSPIJPI Semarang



pH, electrolytic conductivity,
Cr, Cd, Cu

2. Ruang lingkup Pengukuran Gas Rumah Kaca

Road Map

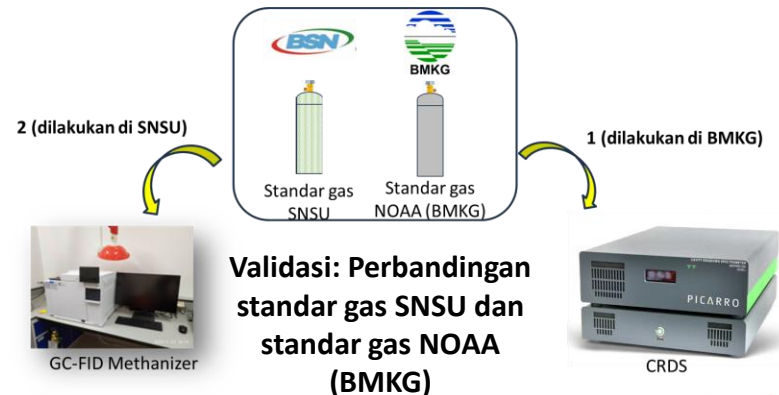
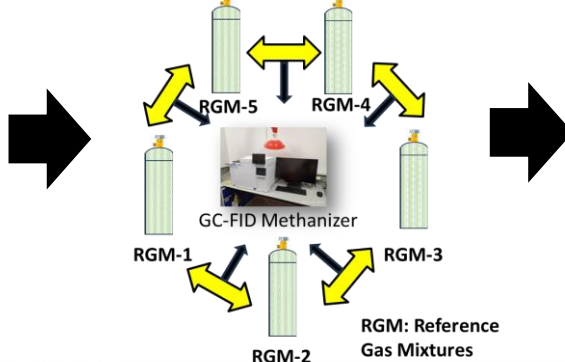


Strategi inisiatif telah disusun antara SNSU-BSN dan BMKG dengan merencanakan kegiatan kerjasama untuk jangka waktu multi-tahun dalam pengembangan standar campuran gas rumah kaca untuk mendukung keterbandingan dan ketertelusuran pengukuran pemantauan gas rumah kaca di Indonesia

Pembuatan Standar Campuran Gas



Internal Consistency Check



Fasilitas dan Aktivitas



Lab. Analisis Anorganik



Lab. Analisis Gas



Lab. Analisis Organik



Lab. Analisis Elektrokimia

Laboratorium SNSU- Fotometri

- Sektor : Energi
- Tujuan : Mendukung infrastruktur mutu fotovoltaik Indonesia
- Deskripsi : Energi surya termasuk energi baru dan terbarukan yang menjadi energi alternatif yang ramah lingkungan. Solar panel merupakan komponen penting dalam memanfaatkan energi surya menjadi energi Listrik. Ketertelusuran alat ukur yang digunakan manufaktur dan lab uji sangat penting dalam menjamin mutu solar panel.
- Pada fase awal lab snsu fotometri radiometri mengembangkan kemampuan dalam pengukuran klasifikasi solar simulator dimana solar simulator merupakan komponen penting dalam proses manufaktur dan uji solar panel.

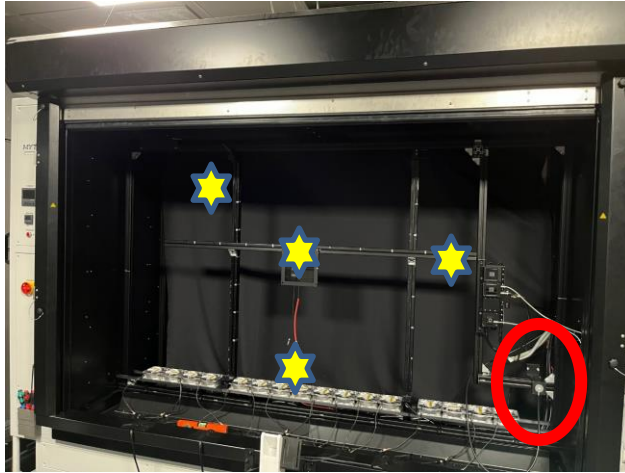
Klasifikasi Solar Simulator



SPECTRAL PROPERTIES MEASUREMENT

Classification result

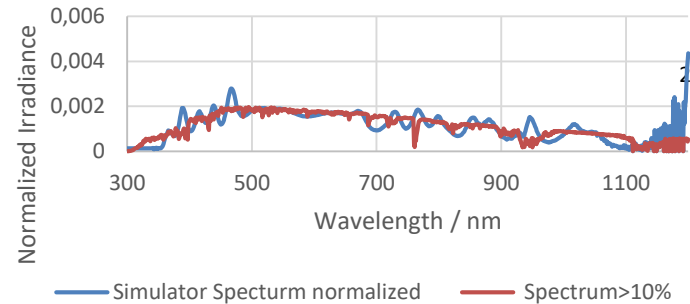
<u>RESULTS</u>	extended range		
Range	Match		Class
300 nm - 470 nm	1.01488254	101.49%	A+
470 nm - 561 nm	0.99246849	99.25%	A+
561 nm - 657 nm	0.9500671	95.01%	A+
657 nm - 772 nm	1.00976482	100.98%	A+
772 nm - 919 nm	0.95836281	95.84%	A+
919 nm - 1200 nm	1.16886436	116.89%	A
SPC	0.99470451	99.47%	
SPD	0.25667926	25.67%	



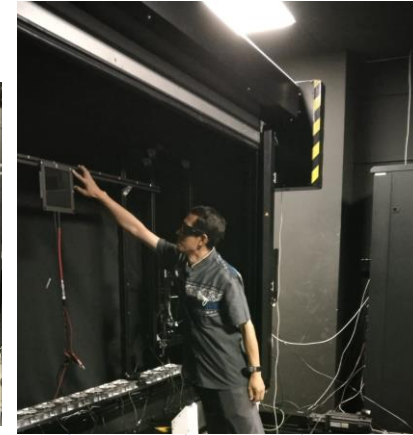
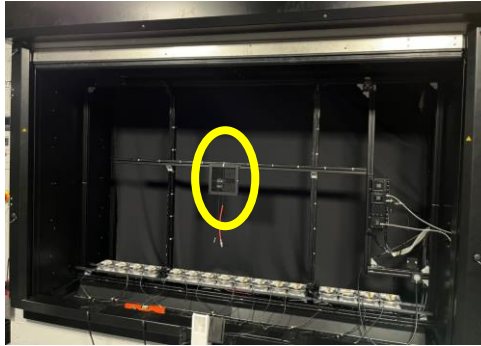
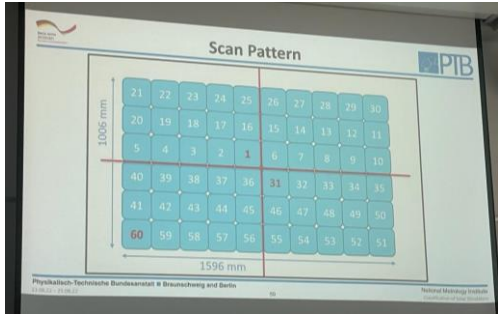
Measurement Setup



Figure 1: Calibrated and normalized



NON UNIFORMITY MEASUREMENT



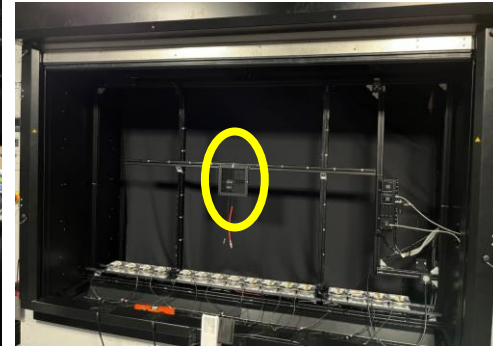
Corrected Non-Uniformity										
x										
y										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
1	1012,906977	1003,82558	995,41037	987,903083	986,535764	986,809153	988,860465	995,282472	1002,38958	1010,10706
2	1013,165	1007,7907	1000,14261	996,848837	993,915111	994,039542	996,55814	1000,74419	1008,84426	1014,43448
3	1015,095104	1010,35123	1005,40693	1000,94186	996,705995	997,127907	1001,92727	1007,46557	1012,30459	1016,45548
4	1014,605704	1010,20049	1004,67944	1001,63117	996,911816	997,556263	1001,71822	1004,90915	1013,40632	1017,28681
5	1013,050404	1006,32099	1000,17269	996,694266	994,261536	994,605525	998,202083	1003,53159	1011,81612	1017,29261
6	1007,746639	1000,14398	995,328089	987,887731	983,606479	983,548362	989,398653	999,370743	1007,33474	1016,34556

Non-Uniformity:	1,6865
Mean Irradiance:	1002,16
Standard Deviation of Irradiance:	9,09287
Class:	A

INSTABILITY MEASUREMENT



Determine instability in difference irradiance level



	100 W/m ²	200 W/m ²	400 W/m ²	600 W/m ²	800 W/m ²	1000 W/m ²	1100 W/m ²
LTI / %:	0.289759631	0.1528776	0.0690392	0.0439222	0.0428164	0.0352856	0.0311765
Mean:	0.01518286	0.0304198	0.0608416	0.0922046	0.1226223	0.1501976	0.1651895
Std:	1.63346E-05	1.682E-05	1.482E-05	1.537E-05	2.061E-05	1.778E-05	1.742E-05
Std/Mean:	0.006211483	0.0031928	0.0014066	0.0009621	0.0009704	0.0006833	0.0006087
Class:	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+

TERIMA KASIH THANK YOU



member of



Bureau
International des
Poids et
Mesures



www.bsn.go.id



member of



APAC

www.bsn.go.id



Badan Standardisasi Nasional



bsn_sni



www.bsn.go.id

Workshop “World Metrology Day”

Panduan Kalibrasi

Uniaxial Testing Machine (UTM)

SNSU_PK.M-03_2021

Arif Rahman Hakim

Bandung, Kamis 06 Juni 2024

Panduan Kalibrasi Uniaxial Testing Machine (UTM)

SNSU_PK.M-03_2021



Penyusun:

1. Hafid
2. Renanta Hayu Kresiani
3. Dinar Nurcahyono
4. Bambang L. Putro
5. A. Rojak
6. M. Kurniawan
7. R. Rudi Anggoro Samudro



Panduan Kalibrasi Uniaxial Testing Machine (UTM)

SNSU_PK.M-03_2021



Laboratorium Gaya & Torsi SNSU BSN



**FORCE
STANDARD
MACHINE
(KIM LIPI)
100 N - 1 kN**



**FORCE
STANDARD
MACHINE
(SCHENCK)
2 kN - 1 MN**



**FORCE
STANDARD
MACHINE
(GTM)
0.2 kN - 20 kN**



**FORCE
STANDARD
MACHINE
(GTM)
5 kN - 5 MN**

Ringkasan

1. Lingkup
2. Persiapan
3. Prosedur Kalibrasi
4. Evaluasi Data Kalibrasi dan Ketidakpastian
5. Klasifikasi Mesin Uji
6. Laporan
7. Lampiran (ada pada panduan)

1. Lingkup

Prosedur ini digunakan sebagai pedoman untuk pelaksanaan kalibrasi Mesin uji Gaya arah Tarik/Tekan (*Uniaxial Testing Machine*).

Kalibrasi Mesin Uji Gaya Tarik/Tekan ini bertujuan untuk mengetahui nilai penyimpangan atau koreksi nilai yang dihasilkan oleh mesin gaya terhadap nilai standar gaya (alat ukur gaya) dan menentukan ketidakpastiannya.



Source:
By Jeffrey Chua - Own work, CC BY 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=146052836>



Source:
By Jeffrey Chua - Own work, CC BY 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=146052721>

2. Persiapan

Alat ukur Gaya

Memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam SNI/ISO 376:2011

- Ketertelusuran alat ukur gaya
- Spesifikasi alat ukur gaya
- Kelas alat ukur gaya yang digunakan



Gambar 2.1: Alat ukur gaya (*Proving Ring*)



Gambar 2.1: Alat ukur gaya (*Load Cell*)



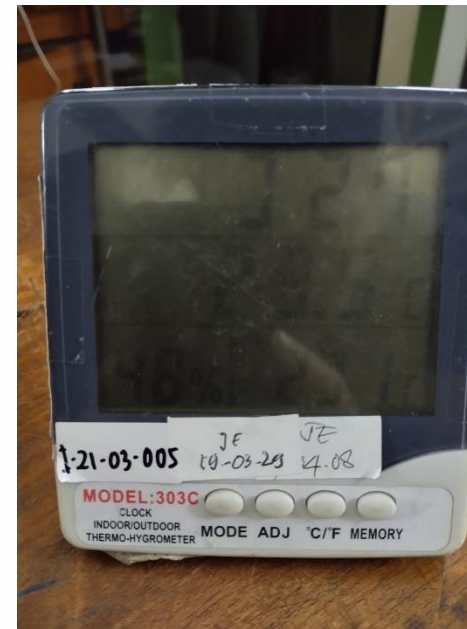
Gambar 2.3: Indikator penunjukkan

Kondisi Lingkungan (waktu di tiap seri pengambilan data)

- Kalibrasi harus dilakukan pada suhu lingkungan diantara 10°C sampai dengan 35°C.
- Suhu alat ukur gaya harus tetap stabil didalam rentang ± 2 °C untuk setiap seri pengukuran.



Gambar 2.4: Thermohygrometer



Gambar 2.5: Thermohygrometer

3. Prosedur Kalibrasi

Prosedur Umum

- Pemasangan alat ukur gaya pada mesin uji dilakukan sedemikian rupa sehingga menjamin gaya yang bekerja selurus mungkin dalam satu sumbu.



Gambar 3.1: Pengaturan letak alat ukur gaya arah tekan



Gambar 3.2: Pengaturan letak alat ukur gaya arah tarik

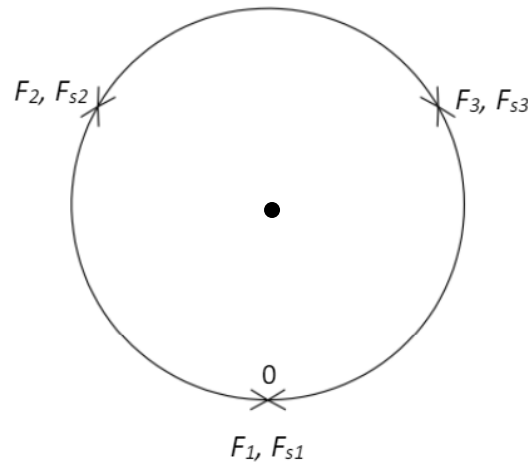
- b. Jika diperlukan, alat bantu dapat digunakan agar memudahkan untuk mendapatkan kondisi gaya yang berkerja bisa lurus dalam satu sumbu.



Gambar 3.3: Alat bantu gaya

Pemanasan

Sebelum dilakukan pengambilan data kalibrasi, mesin uji dengan alat ukur gaya dalam keadaan terpasang diberi beban paling sedikit tiga kali dengan pembebanan antara nol sampai beban maksimum yang akan diukur.



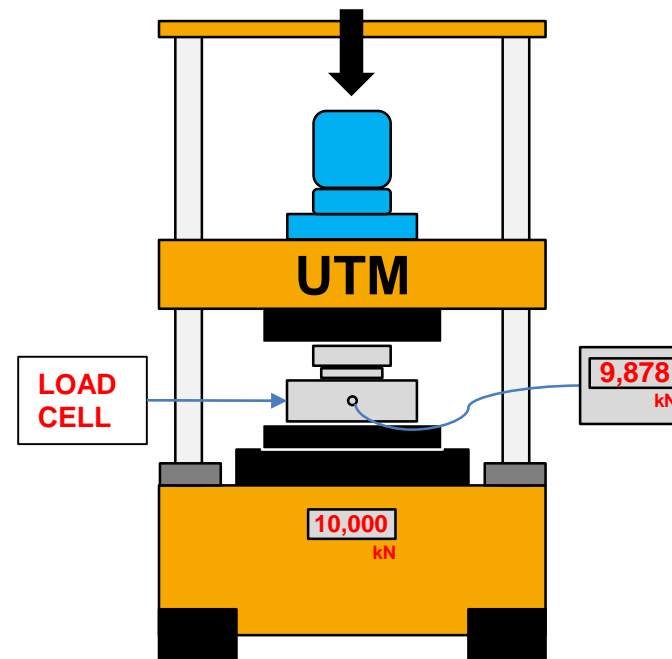
Gambar 3.4: Posisi alat ukur gaya

Dimana:

- F_1 dan F_{s1} adalah penunjukan gaya UTM dan nilai gaya acuan pada posisi 0° .
- F_2 dan F_{s2} adalah penunjukan gaya UTM dan nilai gaya acuan pada posisi 120° .
- F_3 dan F_{s3} adalah penunjukan gaya UTM dan nilai gaya pada posisi 240° .

Metode Pengambilan data

- Menggunakan Gaya Nominal penunjukkan mesin uji dan dilakukan **pencatatan nilai gaya sesuai alat ukur** yang digunakan. Dalam hal ini F_1 , F_2 dan F_3 dibuat sama dengan gaya nominal. (SNI/ISO 7500)



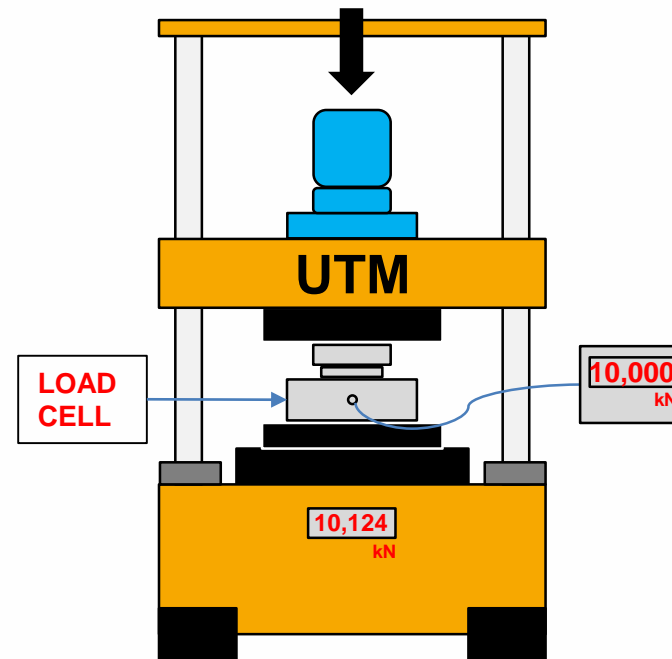
Gambar 3.5: Contoh skema metode 1 kalibrasi UTM menggunakan *Load Cell*

- Contoh data kalibrasi UTM menggunakan metode nomor 1

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Posisi 0° F_{s1} kN	Posisi 120° F_{s2} kN	Posisi 240° F_{s3} kN	Pembebanan Turun F'_{s3} kN
0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	9,878	9,882	9,888	9,811
20	19,807	19,813	19,804	19,672
30	29,745	29,751	29,742	29,570
40	39,686	39,692	39,685	39,507
50	49,643	49,647	49,638	49,469
0	0,000	0,000	-	-

Tabel 3.1: Contoh dengan pengambilan data kalibrasi metode nomor 1

- b. Menggunakan gaya nominal berdasarkan nilai gaya sesuai dengan alat ukur yang digunakan dan dilakukan **pencatatan penunjukan dari mesin uji**. Dalam hal ini F_{s1} , F_{s2} , F_{s3} , dibuat sama dengan gaya nominal, F_n . (SNI/ISO 7500)



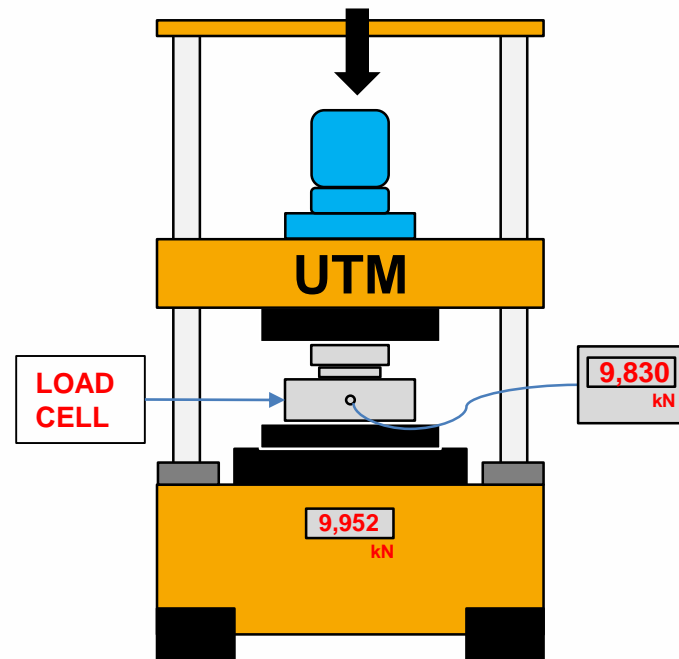
Gambar 3.6: Contoh skema metode 2 kalibrasi UTM menggunakan *Load Cell*

- Contoh data kalibrasi UTM menggunakan metode nomor 2

Gaya $F_{s1} = F_{s2} = F_{s1} = F_n$ kN	Posisi 0° F_1 kN	Posisi 120° F_2 kN	Posisi 240° F_3 kN	Pembebanan Turun F'_3 kN
0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10,124	10,120	10,114	10,193
20	20,195	20,188	20,198	20,334
30	30,257	30,251	30,260	30,436
40	40,316	40,311	40,318	40,499
50	50,359	50,356	50,365	50,537
0	0,000	0,000	-	-

Tabel 3.2: Contoh dengan pengambilan data kalibrasi metode nomor 2

- c. Menggunakan gaya nominal F_n sebagai gaya acuan pendekatan dan dilakukan **pencatatan penunjukan mesin uji maupun nilai gaya sesuai alat ukur yang digunakan**. Dalam hal ini perlu dilakukan normalisasi sebagai pengambilan data seperti no 1 atau seperti nomor 2, untuk dilakukan evaluasi hasil kalibrasinya.



Gambar 3.7: Contoh skema metode 3 kalibrasi UTM menggunakan *Load Cell*

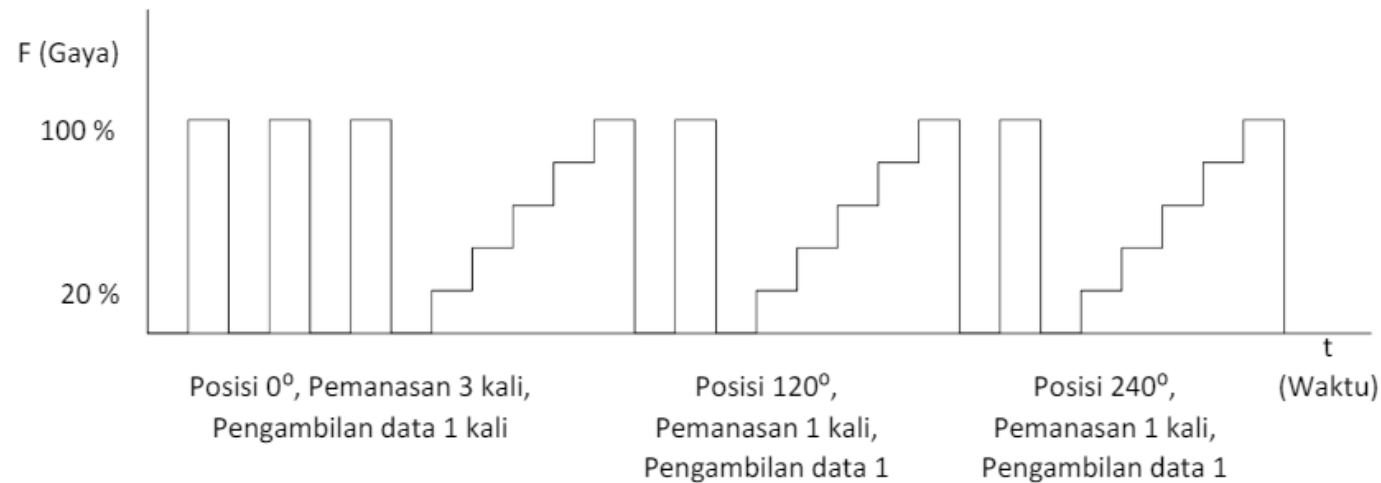


Gambar 3.8: Contoh kasus pengambilan data kalibrasi UTM menggunakan metode 3

- o Contoh data kalibrasi UTM menggunakan metode nomor 3

Gaya Gaya %	Gaya Nominal F_n kN	Posisi 0°		Posisi 120°		Posisi 240°		Pembebanan Turun	
		F_1 kN	F_{s1} kN	F_2 kN	F_{s2} kN	F_3 kN	F_{s3} kN	F'_3 kN	F'_{s3} kN
0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002
20	10	9,952	9,830	9,834	9,718	10,489	10,371	10,346	10,150
40	20	20,385	20,188	20,261	20,072	19,931	19,736	20,020	19,692
60	30	29,930	29,676	29,751	29,504	29,855	29,598	29,160	28,742
80	40	39,636	39,325	39,969	39,661	39,794	39,480	39,496	39,009
100	50	49,778	49,423	48,935	48,589	49,760	49,399	48,980	48,460
0	0	0,001	-0,001	0,003	-0,001	0,002	-0,002	-	-

Tabel 3.3: Contoh dengan pengambilan data kalibrasi metode nomor 3



Gambar 3.4: Profil pembebanan kalibrasi mesin uji

- Pengambilan data setidaknya diambil 5 titik pengukuran dari 20% - 100% dari kapasitas maksimum.
- Jika pengambilan data dilakukan pada titik ukur dibawah 20% dari kapasitas maksimum, maka rasio antara dua titik ukur dalam kondisi normal tidak lebih dari 2. Misalkan 10%, 7%, 4%, 2%, 1%, 0.7%, 0.4%, 0.2%, 0.1%.

4. Analisis Data Kalibrasi dan Evaluasi Ketidakpastian

Untuk Mengetahui kesalahan relatif (*relative error*), ketidakpastian relatif (*relative uncertainty*) dari mesin uji yang menjadi komponen penentuan kelas mesin uji dan ketidakpastian bentangan dari mesin uji di setiap titik.

Penentuan kelas mesin uji

Komponen yang berkontribusi dalam penentuan kelas dari mesin uji

- a. Kesalahan relatif penunjukan (q)
- b. Kesalahan relatif pengulangan (b)
- c. Kesalahan relatif kemampuan balik (v) (jika diperlukan)
- d. Kesalahan relatif titik nol (f_0)
- e. Kesalahan relatif resolusi (a)

Model Matematis

Kesalahan pengukuran (*error*), e ditentukan menggunakan persamaan umum sebagai berikut:

$$e = F_i - F_s \quad (4.1)$$

Dimana:

- F_i : Penunjukkan dari indikator mesin uji.
- F_s : Penunjukkan dari standar.

Akurasi

Penentuan kesalahan akurasi mesin uji dihitung untuk setiap titik pengukuran dari data yang telah diambil. Penghitungan dilakukan untuk masing-masing posisi yang berbeda dalam kesalahan relatif, kemudian diambil nilai rata-ratanya.

$$q_1 = \frac{F_1 - F_{s1}}{F_{s1}} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$q_2 = \frac{F_2 - F_{s2}}{F_{s2}} \times 100\% \quad (4.3)$$

$$q_3 = \frac{F_3 - F_{s3}}{F_{s3}} \times 100\% \quad (4.4)$$

$$q = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{3} \quad (4.5)$$

Dimana q adalah kesalahan relatif penunjukkan dari indikator mesin uji.

Contoh:

Dengan menggunakan contoh data kalibrasi UTM metode nomor 1

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Posisi 0° F_{s1} kN	Posisi 120° F_{s2} kN	Posisi 240° F_{s3} kN	Pembebanan Turun F'_{s3} kN
0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	9,878	9,882	9,888	9,811
20	19,807	19,813	19,804	19,672
30	29,745	29,751	29,742	29,570
40	39,686	39,692	39,685	39,507
50	49,643	49,647	49,638	49,469
0	0,000	0,000	-	-

Tabel 4.1: Contoh dengan pengambilan data kalibrasi metode nomor 1

Contoh:

Berikut adalah hasil dari perhitungan kesalahan relatif akurasi dari pembacaan mesin uji pada data kalibrasi metode 1

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Posisi 0° q_1 %	Posisi 120° q_2 %	Posisi 240° q_3 %	Rata-rata q %
0	-	-	-	-
10	1,24	1,20	1,14	1,19
20	0,97	0,94	0,99	0,97
30	0,86	0,84	0,87	0,85
40	0,79	0,78	0,79	0,79
50	0,72	0,71	0,73	0,72

Tabel 4.2: Hasil perhitungan kesalahan relatif akurasi dari pembacaan mesin uji

Resolusi

Skala Analog

Resolusi indikator diperoleh dari pembagian jarum penunjuk terhadap jarak dari dua penanda skala, disarankan perbandingannya adalah $1/2$, $1/5$ atau $1/10$. Spasi 1,25mm atau lebih besar, diperkirakan dapat dibagi menjadi 10 divisi.

Skala Digital

Resolusi diperoleh dari satu inkremen digit aktif terakhir indikator numerik.

Variasi pembacaan

Jika pembacaan berfluktuasi lebih besar dari nilai perhitungan resolusi sebelumnya (tanpa adanya gaya yang bekerja pada instrumen), resolusi ditentukan sama dengan setengah dari rentang fluktuasinya ditambah satu inkremen.

Penentuan kesalahan relatif resolusi

Kesalahan relatif resolusi, a ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{r}{F_i} \times 100\% \quad (4.12)$$

Di mana:

- r : resolusi dalam satuan gaya
- F_i : nilai gaya yang ditunjukkan oleh mesin uji

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Kesalahan relatif resolusi a %
0	-
10	0,010
20	0,005
30	0,003
40	0,003
50	0,002

Dalam hal ini resolusi dari mesin uji adalah r : 0,001

Tabel 4.3: Hasil perhitungan kesalahan relatif resolusi dari pembacaan mesin uji

Pengulangan

Kesalahan relatif pengulangan, b ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$b = q_{max} - q_{min} \quad (4.10)$$

Di mana q_{max} adalah nilai maksimum dari q_1 , q_2 dan q_3 , dan q_{min} adalah nilai minimum dari q_1 , q_2 dan q_3 .

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Kesalahan relatif pengulangan b %
0	-
10	0,10
20	0,05
30	0,03
40	0,02
50	0,02

Tabel 4.4: Hasil perhitungan kesalahan relatif pengulangan dari pembacaan mesin uji

Kemampuan Balik

a. Jika menggunakan metode no 1, kesalahan relatif kemampuan balik, v ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$v = \frac{(F_s - F'_s)}{\bar{F}_s} \times 100\% \quad (4.16)$$

Di mana:

- F_s : nilai gaya mengacu pada alat ukur gaya yang digunakan
- F'_s : nilai alat ukur gaya pada saat pembebanan turun

b. Jika menggunakan metode no 2, kesalahan relatif kemampuan balik, v ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$v = \frac{(F'_i - F_i)}{F_s} \times 100\% \quad (4.17)$$

Di mana:

- F_i : nilai gaya yang ditunjukkan oleh mesin uji saat pembebanan
- F'_i : nilai gaya yang ditunjukkan oleh mesin uji saat pembebanan turun

Contoh:

Jika menggunakan metode no 1, kesalahan relatif kemampuan balik, v ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$v = \frac{(F_s - F'_s)}{\bar{F}_s} \times 100\% \quad (4.16)$$

Di mana:

- F_s : Nilai gaya mengacu pada alat ukur gaya yang digunakan
- F'_s : Nilai alat ukur gaya pada saat pembebanan turun
- \bar{F}_s : Rata-rata nilai gaya alat ukur

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Kesalahan relatif kemampuan balik (reversibility) v %
0	-
10	0,78

Tabel 4.5: Hasil perhitungan kesalahan relatif pembebanan turun dari pembacaan mesin uji

Titik Nol

Kesalahan relatif titik nol, f_0 ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$f_0 = \frac{f_{i,0}}{F_N} \times 100\% \quad (4.14)$$

Di mana:

- $f_{i,0}$: Penunjukan indikator gaya mesin uji pada saat pembebanan gaya dilepaskan atau saat gaya yang diberikan kembali ke titik nol
- F_N : Gaya maksimum saat dilakukan kalibrasi tersebut

	Posisi 0°	Posisi 120°	Posisi 240°
Kesalahan relatif titik nol	F_1 %	F_2 %	F_3, F'_3 %%
f_0	0,003	0,006	0,005

Tabel 4.6: Hasil perhitungan kesalahan relatif titik nol dari pembacaan mesin uji

4. Evaluasi Ketidakpastian (Lanjutan)

Ketidakpastian relatif bentangan

- a. Ketidakpastian relatif bentangan, W ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$W = k \times w_c \quad (4.18)$$

Di mana:

- k : Adalah faktor cakupan dari sertifikat kalibrasi alat ukur gaya
- w_c : Ketidakpastian relatif gabungan

- b. ketidakpastian relatif gabungan yang ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$w_c = \sqrt{w_{cal}^2 + w_T^2 + w_D^2 + w_R^2 + w_r^2 + w_Z^2} \quad (4.19)$$

Ketidakpastian relatif gabungan

Komponen ketidakpastian relatif gabungan w_c :

- Ketidakpastian relatif bentangan dari data kalibrasi alat ukur gaya (w_{cal})
- Ketidakpastian koreksi suhu dari data kalibrasi alat ukur gaya (w_T)
- Ketidakpastian relatif drift dari data kalibrasi alat ukur gaya (w_D)
- Ketidakpastian relatif pengulangan (w_R)
- Ketidakpastian relatif resolusi, (w_r)
- Ketidakpastian relatif titik nol (w_Z)

Dari komponen-komponen ketidakpastian pada persamaan 4.19 mungkin perlu ditambahkan sumber ketidakpastian lainnya jika relevan.

Ketidakpastian relatif bentangan standar (dari data kalibrasi alat ukur standar)

Ketidakpastian ini didapatkan dari sertifikat kalibrasi alat ukur gaya yang digunakan.

Ketidakpastian relatif baku dari sertifikat kalibrasi, w_{cal}

$$w_{cal} = \frac{W_{cal}}{k} \quad (4.6)$$

Di mana,

- W_{cal} : ketidakpastian relatif bentangan dari sertifikat kalibrasi dan
- K : faktor cakupan yang digunakan.

Ketidakpastian relatif drift (dari data kalibrasi alat ukur standar)

Ketidakpastian relatif drift, w_D dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$w_D = \frac{a_D}{\sqrt{3}} \quad (4.9)$$

Penentuan Koreksi Suhu (dari sertifikat kalibrasi alat ukur standar)

Ketidakpastian ini ditentukan dari pengaruh perbedaan suhu saat alat ukur gaya dikalibrasi dengan saat digunakan untuk mengkalibrasi UTM.

$$w_T = K \times \frac{\Delta T}{\sqrt{3}} \times 100\% \quad (4.7)$$

Di mana:

- K : Koefisien suhu alat ukur gaya yang digunakan dalam $^{\circ} \text{C}^{-1}$, dan
- ΔT : Perbedaan suhu saat alat ukur gaya dikalibrasi dengan saat digunakan untuk mengkalibrasi UTM.

Ketidakpastian relatif pengulangan

Ketidakpastian relatif pengulangan, w_R ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$w_R = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (q_i - q)^2} \quad (4.11)$$

Penentuan ketidakpastian resolusi

Ketidakpastian relatif resolusi, w_r dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$w_r = \sqrt{\left[\frac{a_F}{2\sqrt{3}}\right]^2 + \left[\frac{a_Z}{2\sqrt{3}}\right]^2} \quad (4.13)$$

Di mana:

- a_F : Resolusi relatif pada saat pembebanan gaya diberikan
- a_Z : Resolusi relatif pada saat tanpa pembebanan gaya atau gaya yang diberikan sama dengan nol

Ketidakpastian relatif titik nol

Ketidakpastian relatif titik nol, w_Z dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut;

$$w_Z = \frac{f_0}{2\sqrt{3}} \quad (4.15)$$

Di mana:

- f_0 : indikator gaya mesin uji pada saat pembebanan nol

Evaluasi ketidakpastian mesin uji

Dari hasil perhitungan data kalibrasi UTM menggunakan metode 1, didapatkan komponen-komponen ketidakpastiannya sebagai berikut:

Gaya kN	w_{cal} %	w_T %	w_D %	w_R %	w_r %	w_Z %	w_c %	$W(k = 2)$ %
0	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,010	0,001	0,014	0,029	0,004	0,002	0,034	0,068
20	0,010	0,001	0,014	0,015	0,002	0,002	0,023	0,046
30	0,010	0,001	0,014	0,009	0,001	0,002	0,019	0,039
40	0,010	0,001	0,014	0,006	0,001	0,002	0,018	0,036
50	0,010	0,001	0,014	0,005	0,001	0,002	0,018	0,036

Tabel 4.7: Evaluasi ketidakpastian kalibrasi mesin uji

5. Klasifikasi Mesin Uji

Karakteristik mesin uji

Rentang pengukuran mesin uji dinilai jika memenuhi 20% sampai dengan 100%, dengan batasan nilai maksimum pada Tabel berikut:

Kelas Mesin Uji	Nilai maksimum yang diizinkan, %				
	Kesalahan relatif dari				Resolusi Relatif, a
	Penunjukan, q	Pengulangan, b	Reversibility, v	Zero, f_0	
0,5	$\pm 0,5$	0,5	$\pm 0,75$	$\pm 0,05$	0,25
1	$\pm 1,0$	1,0	$\pm 1,5$	$\pm 0,1$	0,5
2	$\pm 2,0$	2,0	$\pm 3,0$	$\pm 0,2$	1,0
3	$\pm 3,0$	3,0	$\pm 4,5$	$\pm 0,3$	1,5

Tabel 5.1: karakteristik nilai untuk pengkelasan mesin uji

6. Laporan

Prosedur Umum

Laporan verifikasi sekurang-kurangnya memuat informasi sebagai berikut:

- a. Identifikasi mesin uji (merk, tipe, nomor seri) dan bila memungkinkan identifikasi indikator gaya yang digunakan (merk, tipe, nomor seri)
- b. Lokasi mesin yang dikalibrasi
- c. Identifikasi alat ukur gaya yang digunakan (jenis, kelas atau akurasi, nomor referensi, nomor sertifikat kalibrasi, masa berlaku sertifikat kalibrasi)
- d. Suhu kalibrasi
- e. Tanggal kalibrasi
- f. Metode kalibrasi
- g. Nama personel yang berwenang menandatangani sertifikat.

Contoh sertifikat kalibrasi UTM

No. sertifikat / Cert. Number
 No. Order / Order Numb
 Halaman 2 dari 3 halaman
 Page 2 of 3 pages

Identitas Alat / Instrument Details

Nama Alat / Instrument :
 Pabrik / Manufacturer :
 Model / Model :
 No.Seri / Serial Number :
 Rentang / Range :
 Resolusi / Resolution :
 Arah / Direction :
 Tanggal Kalibrasi /
 Calibration Date :
 Tempat Kalibrasi /
 Calibration Place :

Identitas Standar / Standard Details

Nama Alat / Instrument : Load Cell
 Pabrik / Manufacturer : HBM Germany
 Model / Model : C4
 No.Seri / Serial Number : 62657

Kondisi Ruangan / Environmental Condition

Suhu / Temperature : (28 ± 0,4) °C
 Kelembaban Relatif /
 Relative Humidity : (81 ± 3,1) %

Hasil Kalibrasi untuk Sistem Tekan dan Tarik / Calibration results for Compression and Tension System

Pembacaan Mesin Reading of Machine	Pembacaan Standar Reading of Standar		Ketidakpastian relatif Relative Uncertainty
	kgf	kgf	
0	0	0	0
10 000	10 006	98,13	0,26
20 000	20 044	196,57	0,10
30 000	30 060	294,78	0,10
40 000	40 046	392,72	0,10
50 000	50 051	490,83	0,10
60 000	60 123	589,60	0,20
70 000	70 087	687,32	0,10
80 000	80 103	785,54	0,10
90 000	90 130	883,88	0,10

Catatan / Notes

- (1) Mesin gaya (UTM) yang dikalibrasi untuk beban tekan dan tarik.
The force machine (UTM) that had been calibrated is for compression and tension loading.

No. sertifikat / Cert. Number: S.24-0424
 No. Order / Order Number: E-24-03-034
 Halaman 3 dari 3 halaman
 Page 3 of 3 pages

- (2) Mesin gaya (UTM) ini dikalibrasi dengan Load Cell Standar (No. Sertifikat : S.22-0712)
The force machine (UTM) was calibrated with Standard Load Cell (Certificate Number : S.22-0712)
- (3) Mesin gaya (UTM) ini dikalibrasi menggunakan Prosedur Kalibrasi (LMM.4.03) yang mengacu ke ISO 7500 : 2018
The force machine (UTM) was calibrated using Calibration Procedure (LMM.4.03) which refers to ISO 7500 : 2018
- (4) Perhitungan ketidakpastian pada laporan kalibrasi ini mengacu pada : ISO 7500 : 2018; ISO 376 : 2011 dan JCGM 100 : 2008
The Uncertainty calculation of this report refers to : ISO 7500 : 2018 ; ISO 376: 2011 and JCGM 100 : 2008
- (5) Penentuan nilai gaya yang dihasilkan mesin gaya / *The determination of force generated by force machine gaya yang ditunjukkan oleh mesin gaya (UTM) dengan nilai gaya yang ditunjukkan oleh load cell standar*
The force correction value from each loading point is determined by direct comparison of the force value indicated by the force machine (UTM) with the force value indicated by the standard load cell
- (6) Sumber ketidakpastian mesin gaya / *Source of uncertainty from the force machine*
 Sumber utama ketidakpastian ditentukan dari nilai-nilai ketidakpastian :
 Standar : Load Cell, Drift Standar, Koreksi Temperatur
 UUT : Resolusi, Daya ulang, Histerisis* dan Kesalahan titik nol dari mesin gaya (UTM)
*The main source of uncertainty is determined from uncertainty values :
 Standard : Load Cell, Drift of Standard, Temperature correction
 UUT : Resolution, Repeatability, Hysteresis* and Zero deviation from the force machine (UTM)
 * Histerisis hanya ditentukan bila diperlukan / Hysteresis is only determined when required*
- (7) Ketidakpastian pengukuran diestimasi pada tingkat kepercayaan 95% dengan faktor cakupan k = 2
The Uncertainty of measurement is expressed at a confidence level 95 % with coverage factor k=2
- (8) Hasil kalibrasi yang dilaporkan tertelusur ke satuan SI melalui Laboratorium Standar Nasional Satuan Ukuran - BSN.
The reported calibration result is traceable to SI unit through Laboratory of National Measurement Standards - BSN.
- (9) Dengan konversi satuan 1 kgf = 0,00980665 kN
With unit conversion 1 kgf = 0,00980665 kN

Dikalibrasi oleh/ *Calibrated by* : Arif Rahman Hakim, Bambang L. Putro
 Diperiksa oleh/ *Checked by* : Bambang L. Putro (Penyelia / Supervisor) dan / and
 Renanta Hayu Kresiani (Kepala Laboratorium SNSU Massa / Head of Mass Laboratory)

== Akhir dari sertifikat / End of certificate ==

Gambar 6.1: Contoh sertifikat kalibrasi UTM

Verifikasi hasil

Hasil verifikasi mencantumkan:

- a. Verifikasi kelainan yang ditemukan selama pemeriksaan umum
- b. Verifikasi setiap sistem pengukuran gaya yang digunakan
- c. Verifikasi batas bawah dari setiap rentang yang penilaiannya berlaku.

Interval kalibrasi

Direkomendasikan bahwa verifikasi dilakukan dengan interval tidak lebih dari 12 bulan, kecuali jika ditentukan lain.

7. Lampiran

Contoh kasus kalibrasi UTM

Pada contoh kasus kali ini diawali dengan contoh data dengan metode pengambilan data kalibrasi nomor 3 sebagai berikut

Gaya Gaya %	Gaya Nominal F_n kN	Posisi 0°		Posisi 120°		Posisi 240°		Pembebanan Turun	
		F_1 kN	F_{s1} kN	F_2 kN	F_{s2} kN	F_3 kN	F_{s3} kN	F'_3 kN	F'_{s3} kN
0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002
20	10	9,952	9,830	9,834	9,718	10,489	10,371	10,346	10,150
40	20	20,385	20,188	20,261	20,072	19,931	19,736	20,020	19,692
60	30	29,930	29,676	29,751	29,504	29,855	29,598	29,160	28,742
80	40	39,636	39,325	39,969	39,661	39,794	39,480	39,496	39,009
100	50	49,778	49,423	48,935	48,589	49,760	49,399	48,980	48,460
0	0	0,001	-0,001	0,003	-0,001	0,002	-0,002	-	-

Tabel L1: Contoh data dengan metode pengambilan data kalibrasi nomor 3

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Posisi 0° F_{s1} kN	Posisi 120° F_{s2} kN	Posisi 240° F_{s3} kN	Pembebanan Turun F'_{s3} kN
0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	9,878	9,882	9,888	9,811
20	19,807	19,813	19,804	19,672
30	29,745	29,751	29,742	29,570
40	39,686	39,692	39,685	39,507
50	49,643	49,647	49,638	49,469
0	0,000	0,000	-	-

Tabel L2: Contoh data dengan metode pengambilan data kalibrasi nomor 1

Gaya $F_{s1} = F_{s2} = F_{s3} = F_n$ kN	Posisi 0° F_1 kN	Posisi 120° F_2 kN	Posisi 240° F_3 kN	Pembebanan Turun F'_3 kN
0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10,124	10,120	10,114	10,193
20	20,195	20,188	20,198	20,334
30	30,257	30,251	30,260	30,436
40	40,316	40,311	40,318	40,499
50	50,359	50,356	50,365	50,537
0	0,000	0,000	-	-

Tabel L3: Contoh data dengan metode pengambilan data kalibrasi nomor 2

Contoh evaluasi data kalibrasi dan ketidakpastian

Perhitungan data ketidakpastian menggunakan metode nomor 1, kecuali pada perhitungan kesalahan titik nol menggunakan kembali ke data awal yaitu pada table data metode nomor 3 yang terdapat data penunjukan UTM pada titik nol.

Menentukan kesalahan relatif akurasi

Berdasarkan Persamaan 4.2, 4.3, 4.4 dan 4.5 didapatkan sebagai berikut.

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Posisi 0° q_1 %	Posisi 120° q_2 %	Posisi 240° q_3 %	Rata-rata q %
0	-	-	-	-
10	1,24	1,20	1,14	1,19
20	0,97	0,94	0,99	0,97
30	0,86	0,84	0,87	0,85
40	0,79	0,78	0,79	0,79
50	0,72	0,71	0,73	0,72

$$q_1 = \frac{F_1 - F_{s1}}{F_{s1}} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$q_2 = \frac{F_2 - F_{s2}}{F_{s2}} \times 100\% \quad (4.3)$$

$$q_3 = \frac{F_3 - F_{s3}}{F_{s3}} \times 100\% \quad (4.4)$$

$$q = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{3} \quad (4.5)$$

Tabel L4: Hasil perhitungan kesalahan relatif akurasi

Menentukan kesalahan relatif pengulangan

Berdasarkan Persamaan 4.10, didapatkan sebagai berikut.

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Kesalahan relatif pengulangan b %
0	-
10	0,10
20	0,05
30	0,03
40	0,02
50	0,02

$$b = q_{max} - q_{min} \quad (4.10)$$

Tabel L5: Hasil perhitungan kesalahan relatif pengulangan

Menentukan kesalahan relatif resolusi

berdasarkan Persamaan 4.12 dengan diketahui bahwa resolusi, r : 0,001kN maka didapatkan sebagai berikut

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Kesalahan relatif resolusi a %
0	-
10	0,010
20	0,005
30	0,003
40	0,003
50	0,002

Tabel L6: Hasil perhitungan kesalahan relatif resolusi

$$a = \frac{r}{F_i} \times 100\% \quad (4.12)$$

Di mana:

- r : resolusi dalam satuan gaya
- F_i : nilai gaya yang ditunjukkan oleh mesin uji

Menentukan kesalahan relatif titik nol

Menentukan kesalahan titik nol berdasarkan contoh data dengan metode pengambilan data kalibrasi nomor 3, yang terdapat data penunjukan UTM pada titik nol, didapatkan kesalahan relatif titik nol berdasarkan Persamaan 4.14 sebagai berikut.

Kesalahan relatif titik nol	Posisi 0° F_1 %	Posisi 120° F_2 %	Posisi 240° F_3, F'_3 %%
f_0	0,003	0,006	0,005

$$f_0 = \frac{f_{i,0}}{F_N} \times 100\% \quad (4.14)$$

Tabel L7: Hasil perhitungan kesalahan relatif titik nol

Dari hasil perhitungan kesalahan relatif titik nol dapat dipilih nilai maksimumnya sebagai hasil dari kesalahan relatif titik nol yang didapatkan.

Menentukan kesalahan relatif kemampuan balik

Menentukan kesalahan kemampuan balik berdasarkan Persamaan 4.16 didapatkan sebagai berikut.

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Kesalahan relatif kemampuan balik (reversibility) v %
0	-
10	0,78
20	0,67
30	0,58
40	0,45
50	0,34

$$v = \frac{(F_s - F'_s)}{\bar{F}_s} \times 100\% \quad (4.16)$$

Tabel L8: Hasil perhitungan kesalahan relatif kemampuan balik

Menentukan kelas mesin uji dari contoh data kalibrasi

dari hasil evaluasi kesalahan relatif dapat ditentukan kelas dari mesin uji mengacu ke ISO 7500, yaitu karakteristiknya harus memenuhi sebagaimana batas maksimum pada Tabel 5.1. Hasil pengkelasan mesin uji yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Gaya $F_1 = F_2 = F_3 = F_n$ kN	Pengkelasan mesin uji mengacu ke ISO 7500
0	
10	2
20	1
30	1
40	1
50	1

Tabel L9 : Hasil pengkelasan mesin uji

Evaluasi ketidakpastian mesin uji dari contoh data kalibrasi

Berdasarkan data ketidakpastian relatif alat ukur gaya dari sertifikat kalibrasi yang diterbitkan yaitu sebesar 0,02% ($k = 2$), koefisien suhu alat ukur gaya yang digunakan adalah $0,001\% \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}$, dengan ΔT sebesar $1,2^\circ \text{C}$ dan drift alat ukur gaya sebesar 0,024%.

Gaya kN	w_{cal} %	w_T %	w_D %	w_R %	w_r %	w_Z %	w_c %	$W(k = 2)$ %
0	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,010	0,001	0,014	0,029	0,004	0,002	0,034	0,068
20	0,010	0,001	0,014	0,015	0,002	0,002	0,023	0,046
30	0,010	0,001	0,014	0,009	0,001	0,002	0,019	0,039
40	0,010	0,001	0,014	0,006	0,001	0,002	0,018	0,036
50	0,010	0,001	0,014	0,005	0,001	0,002	0,018	0,036

Tabel L10: Evaluasi ketidakpastian kalibrasi mesin uji

Laporan kalibrasi

Laporan kalibrasi dengan menampilkan pembacaan mesin, standar acuan dan ketidakpastian relatif.

Pembacaan Mesin <i>Reading of Machine</i> kN	Stadar Acuan <i>Reference Standar</i> kN	Ketidakpastian relatif <i>Relatif Uncertainty</i> %
0,000	0,000	-
10,000	9,882	0,068
20,000	19,808	0,046
30,000	29,746	0,039
40,000	39,688	0,036
50,000	49,643	0,036

Tabel L11: Laporan kalibrasi dengan menampilkan pembacaan mesin dan standar acuan

Laporan kalibrasi dengan menampilkan pembacaan mesin, kesalahan relatif dan ketidakpastian relatif

Pembacaan Mesin <i>Reading of Machine</i> F kN	Kesalahan relatif <i>Relatif error</i> q %	Ketidakpastian relatif <i>Relatif Uncertainty</i> W %
0,000	-	-
10,000	1,190	0,068
20,000	0,969	0,046
30,000	0,854	0,039
40,000	0,787	0,036
50,000	0,720	0,036

Tabel L12: Laporan kalibrasi dengan menampilkan pembacaan mesin dan kesalahan relatif

Laporan kalibrasi jika reversibility diperlukan

Pembacaan Mesin <i>Reading of Machine</i> F kN	Kesalahan relatif <i>Relatif error</i> q %	Ketidakpastian relatif <i>Relatif Uncertainty</i> W %
0,000	-	-
10,000	1,190	0,068
20,000	0,969	0,046
30,000	0,854	0,039
40,000	0,787	0,036
50,000	0,720	0,036

Tabel L13: Laporan dengan reversibility

TERIMA KASIH THANK YOU



member of



member of



Bureau
International des
Poids et
Mesures



APAC

www.bsn.go.id

www.kan.or.id



Badan Standardisasi Nasional



bsn_sni



www.bsn.go.id

WORKSHOP PANDUAN KALIBRASI KALIBRATOR RESISTANSI DC

Lukluk Khairiyati

2024



ASEAN
INDONESIA
2023

BerAKHLAK
Berprestasi, Tepercaya, Berkeadilan, Berkeadilan, Berkeadilan

**#bangga
melayani
bangsa**



bsn_sni



Badan Standardisasi Nasional



www.bsn.go.id

Isi Panduan

- ❖ Pendahuluan
- ❖ Ruang Lingkup
- ❖ Istilah dan Definisi
- ❖ Metode Kalibrasi
 - Prinsip Kalibrasi
 - Persiapan Kalibrasi
 - Penentuan Titik Ukur
 - Pengkabelan UUC terhadap Standar
- ❖ Model Matematis
- ❖ Pelaporan Hasil
- ❖ Suplemen 1: Kalibrasi Nominal 1 k Ω Kalibrator Resistansi DC dengan Metode Perbandingan Langsung
- ❖ Suplemen 2: Kalibrasi Nominal 1 k Ω Kalibrator Resistansi DC dengan Metode Substitusi

Pendahuluan

SNSU PK.E-03:2023

PANDUAN KALIBRASI KALIBRATOR RESISTANSI DC

Penyusun:

1. Lukluk Khairiyati
2. Agah Faisal
3. Nibras F. Yayienda
4. Ashri Khusnul C.
5. Azka Q. Yusrina
6. Arif M. Fadli

Penelaah:

1. Hastori

Kontributor Eksternal:

1. M. Afip Nurul Hudah (Pusertif-PLN)
2. Masrofin Zaki (Ditmet-Kemendag RI)

Pendahuluan

Multiparameter
&
Multirange



- ❖ Sebuah Kalibrator Multifungsi (MFC) pada umumnya digunakan untuk mengkalibrasi digital multimeter.
- ❖ MFC setidaknya memiliki 5 (lima) parameter dasar, yaitu: V_{DC} , V_{AC} , I_{DC} , I_{AC} dan R.
- ❖ Beberapa tipikal MFC ada yang memiliki parameter ukur Kapasitansi, Frekuensi, Daya dst.
- ❖ Setiap parameter memiliki lebih dari satu rentang

Pendahuluan

1.1 Panduan ini disusun untuk mengharmoniskan pelaksanaan kalibrasi alat Kalibrator Resistansi DC yang dilakukan oleh laboratorium, baik yang menerapkan SNI ISO/IEC 17025 maupun yang tidak.

1.2 Panduan ini tidak mengklaim sebagai panduan lengkap untuk memperoleh semua rincian aspek kemetrologian dari suatu Kalibrator Resistansi DC, namun dapat menjadi rekomendasi atau pelengkap prosedur kalibrasi yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat alat Kalibrator Resistansi DC.

Ruang Lingkup

- 2.1** Kategori alat kalibrator resistansi DC yaitu instrumen elektronik bertipe sumber yang memiliki kemampuan membangkitkan nilai nominal resistansi DC, baik yang berupa nilai variabel-kontinu dalam suatu rentang maupun yang berupa nilai tetap.
- 2.2** Rentang ukur generik dari Kalibrator resistansi DC adalah mulai dari rentang Resistansi ratusan mili-ohm sampai dengan satu Gigaohm.

Ruang Lingkup

2.3 Panduan ini memandu penerapan metode perbandingan langsung dan metode substitusi dalam mengkalibrasi alat kalibrator resistansi DC.

2.4 Alat standar yang digunakan dalam panduan kalibrasi kalibrator resistansi DC ini adalah sebuah DMM (digital multimeter) acuan yang diaktifkan pada modus pengukuran resistansi DC dalam penggunaan metode perbandingan langsung, serta standar resistor acuan dan DMM sebagai standar transfer nilai resistansi dalam penggunaan metode substitusi

Istilah dan Definisi

3.1 UUC atau Unit Under Calibration merupakan penamaan yang ditetapkan untuk perangkat ukur yang dikalibrasi, dalam hal ini adalah Kalibrator Resistansi DC.

3.2 Standar merupakan penamaan yang ditetapkan untuk perangkat yang digunakan sebagai representasi nilai acuan dari resistansi DC, dalam hal ini adalah parameter Resistansi DC dari DMM acuan.

3.3 Metode perbandingan langsung adalah cara melakukan perbandingan suatu besaran ukur yang sama dari suatu alat sebagai UUC terhadap suatu standar yang digunakan sebagai acuan.

Istilah dan Definisi

3.4 Metode substitusi adalah cara melakukan transfer nilai yang diketahui kepada nilai yang tidak diketahui menggunakan sebuah standar transfer yang stabil sehingga kedua pembacaannya dinyatakan dalam bentuk rasio.

3.5 Standar transfer adalah alat standar yang telah diketahui linearitasnya untuk membaca kedua nilai keluaran baik yang berasal dari standar resistor dan juga yang berasal dari kalibrator resistansi DC yang dikalibrasi.

3.6 Pengukuran resistansi secara 2-kawat adalah pengukuran resistansi menggunakan 2 (dua) kabel yang menghubungkan objek ukur dengan alat ukur melalui terminal input Hi dan terminal input Lo.

Istilah dan Definisi

3.7 Pengukuran resistansi secara 4-kawat adalah pengukuran resistansi menggunakan 4 (empat) kabel yang menghubungkan objek ukur dengan alat ukur melalui sepasang terminal pengumpan arus yaitu terminal input Hi dan terminal input Lo, serta sepasang terminal pembaca tegangan yaitu terminal sense Hi dan terminal sense Lo

3.8 Pengenalan atau zeroing adalah cara untuk menyesuaikan sirkuit secara internal dari suatu alat untuk meniadakan offset di seluruh rentang operasi agar memenuhi nilai spesifikasinya.

3.9 Nilai nominal merupakan nilai yang ditetapkan sebagai sebutan atau pelabelan dan nilai tersebut tidak diperoleh dari pengukuran

Metode Kalibrasi

Prinsip Kalibrasi

4.1.1 Nilai acuan yang digunakan, baik pada metode perbandingan langsung maupun metode substitusi, harus dapat ditunjukkan bahwa nilai tersebut tertelusur kepada Sistem Internasional untuk Satuan (SI).

4.1.2 Definisi pengukuran terhadap UUC ditentukan pada terminal keluaran alat tersebut. Alat yang dilengkapi dengan aksesoris kabel atau konektor lain yang menyertai UUC tetap ditentukan dengan definisi yang sama.

4.1.3 Pengukuran resistansi pada nilai nominal resistor di bawah atau sama dengan 100 k Ω , baik untuk UUC yang memiliki empat terminal ataupun dua terminal keluaran, dilakukan pengukuran secara 4-kawat, sedangkan pada nilai nominal resistor di atas 100 k Ω dilakukan pengukuran secara 2-kawat.

Metode Kalibrasi

Prinsip Kalibrasi

4.1.4 Arus kerja yang diumpankan oleh DMM tidak melebihi arus yang diizinkan oleh UUC.

4.1.5 Hasil kalibrasi yang diperoleh menggunakan panduan ini adalah dapat berupa koreksi penunjukan alat atau kesalahan penunjukan alat.

$$C_X = \text{STD} - \text{UUC}$$

$$E_X = \text{UUC} - \text{STD}$$

Metode Kalibrasi

Prinsip Kalibrasi

4.1.5 Model matematis pengukuran disesuaikan dengan hasil kalibrasi.

- ❖ Merepresentasikan prosedur pengukuran dan metode evaluasi pengukuran.
- ❖ Menggambarkan bagaimana kuantitas output Y diperoleh dari kuantitas-kuantitas input X_i .
- ❖ Tidak selalu mengekspresikan hukum fisika, tetapi proses pengukurannya.
- ❖ Lebih spesifik lagi, persamaan matematis harus berisi semua kuantitas yang secara signifikan berpengaruh dalam proses pengukuran
- ❖ Dapat berupa ekspresi yang menyertakan koreksi atau faktor-faktor koreksi dari kesalahan sistematis.

4.1.6 Standar yang digunakan harus memiliki resolusi yang lebih baik dari resolusi UUC, atau setidaknya setara.

Metode Kalibrasi

Persiapan Kalibrasi

4.2.1 Kegiatan awal yang dilakukan dalam persiapan adalah melakukan verifikasi kondisi fisik dan fungsi dari UUC.

- ❖ Periksa secara visual jika ada petanda kerusakan: kotak kontak catu daya, power konektor, saklar, dan kabel
- ❖ Periksa terminal dan konektor dari penghubungan yang longgar

4.2.2 Jika kondisi fisik dan fungsi sudah terverifikasi dengan baik, sehingga tidak ditemukan adanya kesalahan yang mungkin terjadi saat pengukuran, maka UUC perlu dikondisikan pada ruang yang digunakan untuk memfasilitasi kegiatan kalibrasi.

Metode Kalibrasi

Persiapan Kalibrasi

4.2.3 UUC dapat dikondisikan dalam ruangan terkendali dengan suhu (23 ± 2) °C dan kelembaban relatif (60 ± 10) %RH.

Catatan: Kondisi lingkungan yang sama antara laboratorium kalibrasi acuan dengan laboratorium kalibrasi pelanggan akan berimplikasi pada tidak perlunya mengoreksi hasil pengukuran karena kondisi lingkungan.

4.2.4 Jika pengondisian sudah cukup sehingga sudah terjadi keseimbangan termal antara ruang dalam selungkup UUC dengan ruang laboratorium, maka UUC dapat selanjutnya dioperasikan.

Metode Kalibrasi

Persiapan Kalibrasi

4.2.5 Untuk memastikan catu daya yang dibutuhkan UUC untuk beroperasi, kegiatan yang harus dilakukan adalah memeriksa level Resistansi yang diperlukan. Resistansi catu daya yang diterapkan harus sesuai dengan peruntukannya.

4.2.6 Pengoperasian awal alat dalam kondisi menyala dan standby, atau biasa dikenal warming-up, diperlukan untuk menstabilkan jaringan sirkuit internal pada alat. Warming-up alat diterapkan pada standar dan UUC sesuai dengan rekomendasi pabrikan masing-masing..

Metode Kalibrasi

Persiapan Kalibrasi

4.2.7 Laboratorium sebaiknya mengatur penempatan masing-masing alat untuk memastikan pembuangan udara hangat dari suatu peralatan tidak mengalir secara langsung mengenai peralatan lainnya.



Persiapan Kalibrasi

4.2.8 Kegiatan lainnya yang dilakukan dalam persiapan menggunakan DMM acuan sebagai standar adalah:

- melakukan pengaturan Zero Function
- melakukan pemilihan resolusi dengan jumlah digit terbanyak atau dengan pemilihan waktu integrasi sinyal terlama.

4.2.9 Gunakan kabel yang terpilin (*twisted*), terselungkup (*shielded*), dan memiliki efek gaya gerak listrik (*electromotive force*) yang rendah akibat pengaruh suhu (*low thermal EMF*) serta kondisi kabel yang bagus dan terbebas dari korosi.

Metode Kalibrasi

4.3 Penentuan Titik Ukur

4.3.1 Penentuan selisih nilai pembacaan standar dan nilai penunjukan alat. Titik ukur Resistansi DC diatur sedemikian rupa sehingga, titik ukur dinyatakan dalam persentase terhadap skala penuh. Titik-titik ukur tersebut dapat didaftarkan sebagaimana pada Tabel 1. Titik ukur dapat berbeda jika ada permintaan dari pelanggan.

Rentang	Titik ukur
terkecil	0%, 10%, 50%, dan 100%.
menengah	10%, 20%, 50%, 80%, dan 100%.
lainnya	10% dan 100%.

Metode Kalibrasi

4.3 Penentuan Titik Ukur

4.3.1 Titik ukur 0% diindikasikan sebagai nilai offset dari rentang terkecil yang diukur. Titik ukur 10% diindikasikan sebagai suatu nilai awal dari sebuah rentang ukur, titik ukur lain dapat digunakan sebagai pengganti suatu nilai awal dari sebuah rentang ukur.

Titik ukur 50 % diindikasikan sebagai suatu nilai tengah dari sebuah rentang ukur. Sedangkan titik ukur 100% diindikasikan sebagai suatu nilai akhir dari sebuah rentang ukur, titik ukur lain dapat digunakan sebagai pengganti suatu nilai akhir dari sebuah rentang.

Titik ukur lain, seperti 20% dan 80% diindikasikan sebagai nilai-nilai yang diberikan untuk menentukan evaluasi non-linearity dari UUC.

4.3 Penentuan Titik Ukur

4.3.2 Titik ukur untuk alat UUC dengan nilai tetap.

Tipikal kalibrator resistansi DC dapat memiliki nilai nominal resistansi dengan nilai tetap yang dapat dipilih sesuai dengan daftar yang dimilikinya. Titik ukur resistansi DC diatur pada setiap nilai nominal dalam daftar tersebut. Titik ukur dapat berbeda jika ada permintaan dari pelanggan.

Metode Kalibrasi

4.4 Pengkabelan UUC terhadap Standar

Pengkabelan dibedakan berdasarkan nilai nominal resistor yang dikalibrasi. Untuk nilai nominal resistor di bawah atau sama dengan 100 k Ω dilakukan pengukuran secara 4-kawat, sedangkan untuk nilai nominal resistor di atas 100 k Ω dilakukan pengukuran secara 2-kawat.

Catatan:

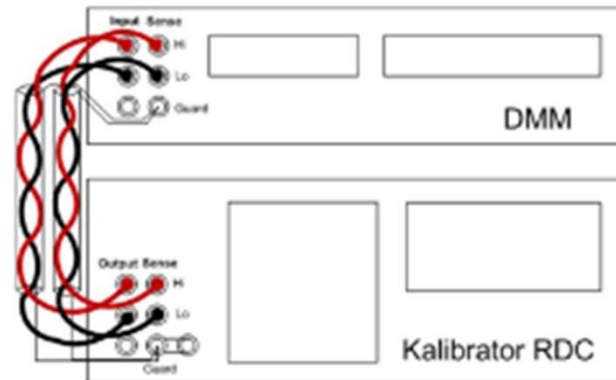
Pada tipikal UUC terdapat terminal guard, hubungkan terminal tersebut pada terminal guard DMM acuan sedemikian hingga guard tersebut aktif pada sisi UUC (kalibrator resistansi DC) saja.

Metode Kalibrasi

4.4 Pengkabelan UUC terhadap Standar

4.4.1 Pengkabelan untuk metode perbandingan langsung

Pengukuran dengan menggunakan metode perbandingan langsung dilakukan dengan menghubungkan kabel sebagaimana diagram skematik yang ditunjukkan pada Gambar 1

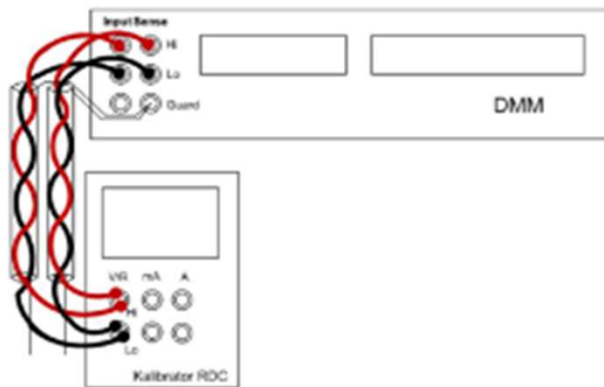


Gambar 1a. metode perbandingan langsung, pengkabelan 4-kawat untuk UUC yang memiliki empat terminal

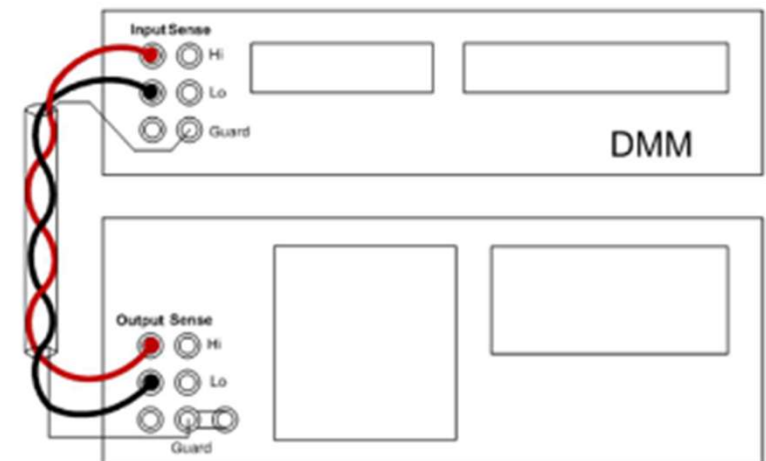
Metode Kalibrasi

4.4 Pengkabelan UUC terhadap Standar

4.4.1 Pengkabelan untuk metode perbandingan langsung



Gambar 1b. metode perbandingan langsung, pengkabelan 4-kawat untuk UUC yang memiliki dua terminal

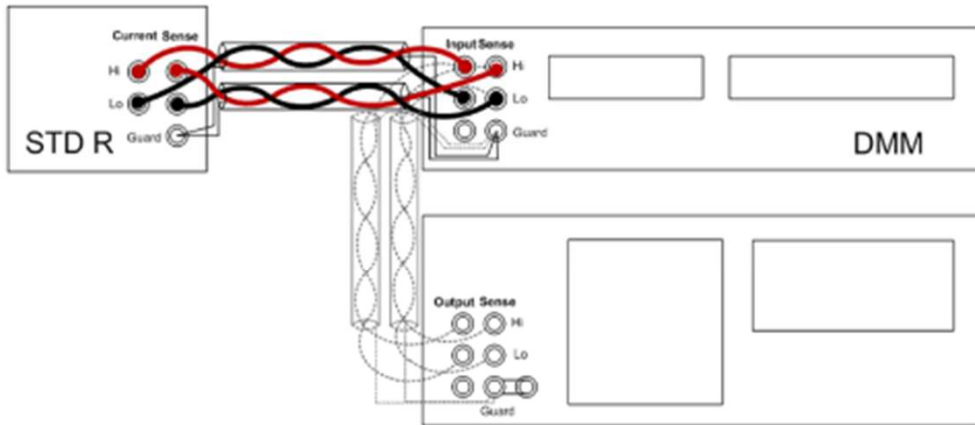


Gambar 1c. metode perbandingan langsung, pengkabelan 2-kawat

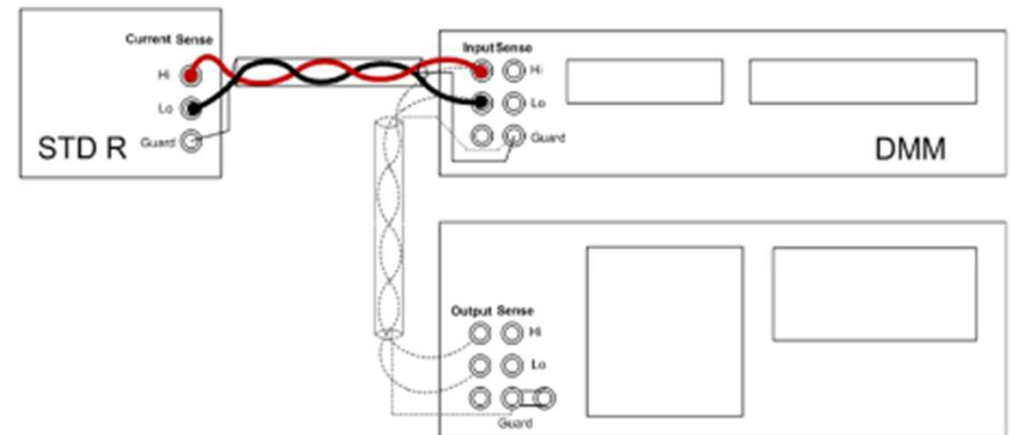
Metode Kalibrasi

4.4.2 Pengkabelan untuk metode Substitusi

Pengukuran dengan menggunakan metode substitusi dilakukan dengan menghubungkan kabel sebagaimana diagram skematik yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2a. metode substitusi, pengkabelan 4-kawat



Gambar 2b. metode substitusi, pengkabelan 2-kawat

Metode Kalibrasi

4.5 Perekaman Data Pengukuran

Perekaman data pengukuran dilakukan setelah beberapa saat sampai kondisi stabil tercapai. Pengulangan dilakukan untuk mendapatkan estimasi terbaik dari nilai numerik yang dihasilkan melalui pengukuran.

5. Model Matematis

Model matematis pengukuran berdasarkan selisih nilai standar terkoreksi dan nilai penunjukan alat. Model ini dapat dinyatakan baik dalam bentuk kesalahan penunjukan UUC atau koreksi penunjukan UUC. Model ini dapat juga menggambarkan kontributor-kontributor yang berpengaruh dalam pelaksanaan kalibrasi. Model matematis tersebut digunakan untuk menurunkan persamaan ketidakpastian pengukuran.

6. Pelaporan Hasil

Pelaporan hasil yang tergabung dalam sertifikat kalibrasi harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam butir-butir 7.8 SNI ISO/IEC 17025:2017. Panduan pelaporan hasil dapat mengacu pada SNSU PK.E-01:2021, Panduan Kalibrasi Digital Multimeter.

Suplemen 1

Metode Perbandingan Langsung

S1.1 Kondisi Kalibrasi

- Koreksi Resistansi dari penunjukan Kalibrator Resistansi DC sebagai UUC ditentukan berdasarkan pengukuran langsung menggunakan DMM acuan sebagai standar pada rentang ukur yang berkesesuaian dengan nilai nominal 1 k Ω , yaitu pada rentang ukur 2 k Ω .
- Pastikan arus kerja yang diumpankan DMM tidak melebihi arus yang diizinkan untuk kalibrator resistansi DC
- Pengondisian laboratorium dijaga pada suhu (23 \pm 2) °C dan pada kelembaban relatif (60 \pm 10) %RH.
- Kedua alat UUC dan standar di-warming up pada pengondisian laboratorium tidak kurang dari 4 (empat) jam, sehingga keseimbangan suhu antara bagian dalam dan luar casing masing-masing alat sudah tercapai.
- Pengukuran resistansi dengan nilai nominal 1 k Ω dilakukan secara 4-kawat. Pengukuran menggunakan kabel yang terpilin, terselungkup, dan memiliki efek gaya gerak listrik yang rendah.
- UUC kemudian dioperasikan untuk pengulangan pengambilan data sebanyak 5 (lima) kali.
- Pengambilan data pengukuran dilakukan setelah periode stabilisasi telah dicapai oleh UUC

S1.2 Model Matematis

- Koreksi UUC untuk penunjukan Resistansi 1 k Ω mengikuti model matematis berikut:

$$C_X = \overline{R_S} + \delta R_S + \delta R_A + \delta R_R - R_X$$

- C_X : Koreksi penunjukan nilai nominal Kalibrator Resistansi DC,
- $\overline{R_S}$: Rata-rata pembacaan DMM acuan sebagai standar dengan pengulangan dari $i = 1$ sd $i = 5$,
- δR_S : Koreksi pembacaan yang diperoleh dari sertifikat kalibrasi DMM acuan,
- δR_A : Koreksi pembacaan berdasarkan akurasi DMM acuan,
- δR_R : Koreksi pembacaan yang disebabkan oleh keterbatasan resolusi DMM acuan,
- R_X : Nilai nominal yang ditunjukkan oleh Kalibrator Resistansi DC sebagai UUC.

S1.3 Nilai yang ditunjukkan Kalibrator Resistansi DC

- Nilai nominal 1 k Ω yang dikeluarkan oleh kalibrator resistansi DC adalah, $R_x = 0,999\ 9934\ k\Omega$

Suplemen 1

S1.4 ESDM

- Koreksi UUC untuk penunjukan Resistansi 1 k Ω mengikuti model matematis berikut;

Rata-rata pembacaan berulang DMM acuan pada titik ukur 1 k Ω :

No.	Pembacaan berulang pada 1 k Ω (R_{Si})
1	0,999 9774 k Ω
2	0,999 9774 k Ω
3	0,999 9775 k Ω
4	0,999 9776 k Ω
5	0,999 9777 k Ω

$$\bar{R}_S = 0,999\ 9775\ \text{k}\Omega$$

Dengan standar deviasinya:

$$s(R_S) = 0,000\ 0001\ \text{k}\Omega$$

Pada titik ukur 1 k Ω , ESDM:

$$u(R_S) = s(\bar{R}_S) = 5,8 \times 10^{-8}\ \text{k}\Omega$$

derajat kebebasannya sebesar:

$$\nu = 4$$

Suplemen 1

S1.5 Sertifikat Kalibrasi

- Data kalibrasi DMM acuan, sebagaimana ditunjukkan dalam sertifikat kalibrasi pada rentang pengukuran 2 k Ω , dapat dilihat pada Tabel 2 berikut

Titik Ukur (k Ω)	Pembacaan Alat (k Ω)	Koreksi (k Ω)	Ketidakpastian (k Ω)
1	0,999 97772	0,000 0201	0,000 0073

- Nilai ketidakpastian ini dilaporkan dengan tingkat kepercayaan 95 % dan dengan faktor cakupan, k, sama dengan 2. Derajat kebebasannya diestimasi sebesar tak berhingga.
- Sehingga nilai ketidakpastian baku yang diperoleh dari sertifikat kalibrasi DMM acuan adalah:

$$u(\delta R_S) = \frac{U(\delta R_S)}{k} = 3,7 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 1

S1.6 Akurasi Standar

- Nilai numerik yang dilaporkan dalam sertifikat kalibrasi hanya sesuai saat DMM acuan itu dikalibrasi.
- Nilai numerik tersebut dapat mengalami perubahan seiring dengan waktu.
- Drift menjadi kontributor keraguan terhadap perbedaan nilai saat DMM acuan dikalibrasi dengan saat ia digunakan.
- Nilai keraguan ini dapat diestimasi dengan mengambil nilai akurasi berdasarkan spesifikasi sebagaimana disebutkan dalam manual DMM acuan.
- Selain menyatakan stabilitas untuk kondisi 1 tahun sejak kalibrasi terakhir, spesifikasi itu juga menyatakan deviasi yang mungkin untuk kondisi perubahan suhu $\pm 5^\circ\text{C}$ dari suhu kalibrasi, serta spesifikasi ini juga menyatakan non-linearitas untuk masing-masing rentang pengukuran.

- Untuk tipikal DMM acuan, spesifikasi mengklaim bahwa akurasi.....

		Resistance ^{[1] [2] [3]}					
Range	Full Scale ^{[1] [2]}	Mode ^{[1] [2]}	Uncertainty Relative to Cal Stds			Absolute Uncertainties	
			\pm (ppm Reading + ppm Range) ^[4]				
			24 hour TCal $\pm 1^\circ\text{C}$	90 day TCal $\pm 1^\circ\text{C}$	365 day TCal $\pm 1^\circ\text{C}$	365 day TCal $\pm 1^\circ\text{C}$	365 day TCal $\pm 5^\circ\text{C}$
95% Confidence Level							
2 Ω	1.999 900 00	Normal	5.0 + 2.0	8.0 + 2.0	10 + 2.0	15 + 2.0	17 + 2.0
20 Ω	19.999 000 0	Normal	2.5 + 0.7	4.5 + 0.7	7.0 + 0.7	9.0 + 0.7	9.5 + 0.7
200 Ω	199.990 000	Normal	1.5 + 0.25	4.0 + 0.25	7.0 + 0.25	7.5 + 0.25	8.0 + 0.25
2 k Ω	1.999 900 00	Normal	1.0 + 0.25	3.5 + 0.25	7.0 + 0.25	7.5 + 0.25	8.0 + 0.25

Suplemen 1

S1.6 Akurasi Standar

- **Ketidakpastian** dari akurasi untuk titik ukur 1 k Ω : 7 ppm reading + 0,25 ppm range

$$U(\delta R_A) = 7 \times 10^{-6} \times 1 \text{ k}\Omega + 0,25 \times 10^{-6} \times 2 \text{ k}\Omega$$

$$U(\delta R_A) = 7,5 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

- Nilai ketidakpastian dari akurasi ini diestimasi memiliki **distribusi segi-4** dengan derajat kebebasan sebesar 200.
- Sehingga nilai ketidakpastian baku yang bersumber dari **akurasi DMM acuan (standar)** adalah:

$$u(\delta R_A) = \frac{U(\delta R_A)}{\sqrt{3}} = \frac{7,5 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega}{\sqrt{3}} = 4,3 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 1

S1.7 Resolusi Pembaca

- Nilai yang ditampilkan oleh layar DMM acuan merupakan suatu hasil pembulatan, sehingga ada perbedaan antara nilai sesungguhnya dengan nilai yang ditampilkan.
- Pembulatan angka pembacaan mempunyai nilai yang besarnya tidak lebih besar dari setengah resolusi.

- **Ketidakpastian** yang bersumber dari resolusi standar:

$$U(\delta R_R) = 1/2 \times 1 \times 10^{-7} \text{ k}\Omega = 5 \times 10^{-8} \text{ k}\Omega$$

- Nilai ketidakpastian ini diestimasi memiliki **distribusi segi-4** dengan derajat kebebasan sebesar 200.
- Sehingga nilai ketidakpastian baku yang bersumber dari resolusi DMM acuan adalah.

$$u(\delta R_R) = \frac{U(\delta R_R)}{\sqrt{3}} = \frac{5 \times 10^{-8} \text{ k}\Omega}{\sqrt{3}} = 2,9 \times 10^{-8} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 1

S1.8 Bujet Ketidakpastian

- Karena tidak terdapat korelasi antara satu kontributor ketidakpastian dengan kontributor lainnya serta koefisien sensitivitas yang bernilai mutlak sama dengan 1 (satu), maka ketidakpastian baku gabungan yang diturunkan dari model matematis dapat dituliskan dengan:

$$u_c(C_X) = \sqrt{u^2(\bar{R}_S) + u^2(\delta R_S) + u^2(\delta R_A) + u^2(\delta R_R)}$$

- Dan derajat kebebasan efektif dihitung dengan persamaan:
$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^N \frac{(u(x_i))^4}{v_i}}$$
- Sehingga ketidakpastian bentangan dihitung dengan persamaan:

$$U(C_X) = k \times u_c(C_X)$$

Suplemen 1

S1.8

Kontributor	Nilai estimasi		Ketidakpastian baku		Distribusi	Koefisien sensitivitas	Kontribusi	DoF
X_i	x_i		$u(x_i)$		PDF	c_i	$u(R_i)$	u_i
Pengukuran berulang standar	0,9999775	k Ω	5,8E-08	k Ω	tipe A	1	5,8E-08	4
Sertifikat standar	0,0000201	k Ω	3,7E-06	k Ω	norm/ tipe B	1	3,7E-06	∞
Akurasi standar	0	k Ω	4,3E-06	k Ω	segi-4/ tipe B	1	4,3E-06	200
Resolusi standar	0	k Ω	2,9E-08	k Ω	segi-4/ tipe B	1	2,9E-08	200
Nilai penunjukan alat	0,9999934	k Ω	-	-	-	-	-	-
C_x	0,000 004	k Ω	Ketidakpastian baku gabungan:				5,7E-06	
			Derajat kebebasan efektif:				585	
			Faktor cakupan 95 % tingkat kepercayaan:				2,0	
			Ketidakpastian bentangan (95%):				0,000 011	k Ω

Suplemen 1

S1.9 Hasil Kalibrasi

Rentang (k Ω)	Penunjukan Alat (k Ω)	Koreksi Penunjukan (k Ω)	Ketidakpastian (k Ω)
2	0,999 9934	0,000 004	0,000 011

- Ketidakpastian pengukuran dihitung dengan faktor cakupan $k = 2,0$ pada tingkat kepercayaan 95 %.

Suplemen 2

Metode Substitusi

S2.1

Kondisi Kalibrasi

- Untuk menentukan nilai koreksi dari penunjukan kalibrator resistansi DC dengan metode substitusi, diperlukan sebuah DMM dengan resolusi tinggi sebagai suatu standar transfer, dan sebuah standar resistor terkalibrasi sebagai standar acuan
- Nilai nominal yang diperlukan sebagai standar acuan adalah **sama besarnya** dengan nilai nominal penunjukan kalibrator resistansi DC yang dikalibrasi
- Pengondisian laboratorium dijaga pada suhu $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ dan pada kelembaban relatif $(60 \pm 10) \%RH$.
- Arus kerja yang diumpankan DMM sebesar 1 mA. Arus kerja yang diumpankan DMM tersebut dipastikan tidak melebihi arus yang diizinkan baik untuk standar acuan maupun untuk kalibrator resistansi DC.
- Pengukuran resistansi diatur pada rentang ukur 2 k Ω dan dilakukan secara 4-kawat. Pengukuran menggunakan kabel yang terpilin, terselungkup, dan memiliki efek gaya gerak listrik yang rendah.
- UUC kemudian dioperasikan untuk pengulangan pengambilan data sebanyak 5 (lima) kali.
- Pengambilan data pengukuran dilakukan setelah periode stabilisasi telah dicapai oleh UUC

Suplemen 2

S2.1

Model Matematis

- Koreksi UUC untuk penunjukan Resistansi 50 mV dengan peningkatan kemampuan ketidakpastian pengukuran mengikuti model matematis baru sebagai berikut:

$$C_X = (\bar{r} + \delta r_R + \delta r_S + \delta r_L) \cdot (R_S + \delta R_D + \delta R_T + \delta R_P) - R_X$$

- Dimana tambahannya adalah:

C_X : Koreksi penunjukan nilai nominal kalibrator resistansi DC

R_X : Nilai nominal yang ditunjukkan oleh kalibrator resistansi DC sebagai UUC

\bar{r} : Rata-rata rasio kedua pembacaan DMM sebagai standar transfer saat dihubungkan dengan resistor standar acuan dan saat dihubungkan dengan kalibrator resistansi DC

δr_R : Koreksi rasio yang disebabkan oleh keterbatasan resolusi DMM sebagai standar transfer,

Suplemen 2

S2.1

Model Matematis

- Dimana tambahannya adalah:

δr_S	:	Koreksi yang disebabkan oleh keterbatasan resolusi DMM sebagai standar transfer,
δr_L	:	Koreksi yang disebabkan oleh non-lineritas DMM sebagai standar transfer
R_S	:	Nilai Resistor standar acuan yang telah diketahui dari kalibrasi
δR_D	:	Koreksi nilai resistor standar acuan berdasarkan drift yang diketahui dari riwayat kalibrasi
δR_T	:	Koreksi nilai resistor standar yang disebabkan oleh koefisien suhu
δR_P	:	Koreksi nilai resistor standar yang disebabkan oleh koefisien daya

Suplemen 2

S2.3 Nilai Penunjukan kalibrator resistansi DC

- Nilai nominal 1 k Ω yang dikeluarkan oleh Kalibrator Resistansi DC adalah, $R_x = 0,999\ 9934\ k\Omega$

S2.4 Pengulang rasio kedua pembacaan DMM

- Berdasarkan pengulangan, $n = 5$, terhadap nilai rasio dari kedua pembacaan DMM sebagai standar transfer saat dihubungkan dengan resistor standar acuan dan saat dihubungkan dengan kalibrator resistansi DC

No.	Pembacaan thd. standar resistor acuan (R_{Si})	Pembacaan thd kalibrator resistansi DC (R_{Xi})	Nilai rasio kedua pembacaan DMM ($r = \frac{R_{Xi}}{R_{Si}}$)
1	1,000 0438 k Ω	0,999 9774 k Ω	0,999 9336
2	1,000 0440 k Ω	0,999 9774 k Ω	0,999 9334
3	1,000 0442 k Ω	0,999 9775 k Ω	0,999 9333
4	1,000 0443 k Ω	0,999 9776 k Ω	0,999 9333
5	1,000 0443 k Ω	0,999 9777 k Ω	0,999 9334

Suplemen 2

S2.4 Pengulang rasio kedua pembacaan DMM

- Rata-rata dari hasil pengukuran berulang nilai rasio diperoleh sebesar:

$$\bar{r} = 0,999\ 9334\ k\Omega/k\Omega$$

Dengan standar deviasinya: $s(r) = 0,000\ 0001\ k\Omega/k\Omega$

- Sehingga ESDM sebagai ketidakpastian baku dari pengukuran berulang pada nilai rasio kedua pembacaan DMM saat dihubungkan dengan resistor standar acuan dan saat dihubungkan dengan kalibrator resistansi DC :

$$u(r) = s(\bar{r}) = \frac{s(r)}{\sqrt{n}} = 5,5 \times 10^{-8}\ k\Omega$$

derajat kebebasannya sebesar:

$$\nu = 4$$

Suplemen 2

S2.5

Resolusi Pembaca

- Keraguan terhadap keterbatasan daya baca (resolusi) DMM sehingga nilai yang ditampilkan merupakan suatu hasil pembulatan, terjadi dua kali baik pada saat membaca standar resistor acuan dan juga pada saat membaca kalibrator resistansi DC yang dikalibrasi.
- Koreksi rasio yang disebabkan oleh keterbatasan resolusi DMM sebagai standar transfer diestimasi sama dengan nol. Sedangkan nilai rentang paruh sebagai nilai **ketidakpastian** yang bersumber dari resolusi

$$U(\delta r_R) = 1/2 \times 1 \times 10^{-8} \text{ k}\Omega = 5 \times 10^{-8} \text{ k}\Omega$$

- Nilai ketidakpastian ini diestimasi memiliki **distribusi segi-3** dengan derajat kebebasan sebesar 200.
- Sehingga nilai ketidakpastian baku yang bersumber dari resolusi DMM acuan adalah.

$$u(\delta R_R) = \frac{U(\delta R_R)}{\sqrt{6}} = \frac{5 \times 10^{-8} \text{ k}\Omega}{\sqrt{6}} = 2,0 \times 10^{-8} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 2

S2.6

Stabilitas Jangka pendek DMM

- Dua proses pengukuran dengan DMM sebagai standar transfer memberikan kontribusi keraguan terhadap stabilitas pembacaan DMM saat pertama kali melakukan pengukuran pada standar resistor acuan kemudian diikuti dengan pengukuran pada kalibrator resistansi DC.
- Nilai stabilitas pembacaan DMM ini diestimasi berdasarkan informasi pabrikan sebagaimana dituangkan dalam spesifikasi teknis yang menggambarkan stabilitas jangka pendek DMM.
- Untuk tipikal DMM acuan, spesifikasi mengklaim bahwa ketidakpastian 24 jam stabilitas jangka pendek untuk rentang ukur 2 k Ω adalah sebesar 1 ppm dari pembacaan ditambah 0,25 ppm dari rentang.

Suplemen 2

S2.6

Stabilitas Jangka pendek DMM

- Nilai rentang paruh sebagai nilai ketidakpastian yang bersumber dari stabilitas jangka pendek DMM, bernilai sebesar :

$$U(\delta r_S) = 1 \times 10^{-6} \times 1 \text{ k}\Omega + 0,25 \times 10^{-6} \times 2 \text{ k}\Omega = 1,5 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

- Nilai ketidakpastian ini diestimasi memiliki **distribusi segi-3** dengan derajat kebebasan sebesar 200.
- Sehingga nilai ketidakpastian baku yang bersumber dari ***stabilitas jangka pendek DMM*** adalah:

$$u(\delta r_S) = \frac{U(\delta r_S)}{\sqrt{6}} = 6,1 \times 10^{-7} \text{ k}\Omega / \text{ k}\Omega$$

S2.7

Non-Linearity DMM

- Pembacaan nilai dalam suatu rentang pengukuran pada DMM dipengaruhi oleh deviasi nilai aktual yang dibaca DMM tersebut terhadap pendekatan kurva secara linear yang dihasilkan dari kalibrasi beberapa titik ukur dalam rentang tersebut.

Tabel S2.2. Data pengukuran Untuk mendapatkan nilai non-linearitas DMM

Rentang (k Ω)	Titik Ukur (k Ω)	Pembacaan Alat (k Ω)	Koreksi (k Ω)
2	0,5	0,499 9773	-0,000 0142
	1,0	0,999 9559	-0,000 0279
	1,2	1,199 9459	-0,000 0319
	1,5	1,499 9324	-0,000 0403
	1,875	1,874 9188	-0,000 0489

- Untuk mendapatkan nilai non-linearitas DMM pada rentang 2 k Ω , beberapa nilai standar resistor yang diketahui diukur secara langsung oleh DMM tersebut ditunjukkan pada Tabel S2.2.

Suplemen 2

S2.7

Non-Linearity Standar

- Non-linearitas DMM diperoleh dengan menghitung akar kuadrat dari jumlah kuadrat residu, SSR (*sum square residual*), dibagi derajat kebebasan, $\nu = n - 2$. Residu tersebut adalah selisih nilai koreksi pembacaan oleh DMM dengan nilai pendekatan (*fitting*) terhadap persamaan kurva kalibrasi pada rentang 2 k Ω .
- Nilai ketidakpastian baku dari kontributor *non-linearity* standar, dapat diestimasi dengan:

$$U(\delta r_L) = \sqrt{\frac{SSR}{n - 2}} = 6,3 \times 10^{-7} \text{ k}\Omega$$

- Nilai ketidakpastian ini diestimasi memiliki **distribusi normal** dengan derajat kebebasan sebesar 200.
- Sehingga nilai ketidakpastian baku yang bersumber dari ***non-linearity* standar** adalah:

$$6,3 \times 10^{-7} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 2

S2.8 Nilai sertifikat standar resistor acuan

- Sertifikat kalibrasi standar resistor acuan menyatakan bahwa nilai pengukuran standar resistor beserta ketidakpastiannya adalah:

$$R_S \pm U(R_S) = (1,000\ 0571 \pm 0,000\ 0023) \text{ k}\Omega$$

- Standar resistor dikalibrasi pada arus kerja 3,16 mA. Ketidakpastian pengukuran dihitung dengan faktor cakupan $k = 2$ dan pada tingkat kepercayaan 95 %.
- Nilai ketidakpastian dari sertifikat kalibrasi $u(R_S)$ ini diestimasi memiliki **distribusi normal** dengan derajat kebebasan sebesar tak terhingga.
- Nilai ketidakpastian baku dari kontributor Sertifikat kalibrasi, adalah :

$$u(\delta R_S) = \frac{U(\delta R_S)}{2} = 1,2 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 2

S2.9 *Drift kalibrasi standar resistor acuan*

- Berdasarkan 3 (tiga) riwayat kalibrasi terakhir dari standar resistor acuan, nilai drift standar tersebut dapat diestimasi. Tabel S2.3 berikut menyajikan kedua riwayat kalibrasi itu: Keraguan yang ditimbulkan ini kemudian dievaluasi sebagai nilai ketidakpastian dari kontributor koefisien suhu.
- Pendekatan kurva (curve fitting) linear dilakukan untuk mendapatkan drift nilai standar resistor acuan setiap tahun. Kemiringan garis (pergeseran nilai dalam setahun) didapatkan sebesar :

Tahun	Nilai Standar Resistor (kΩ)	Ketidakpastian (kΩ)
2016	1,000 0438	0,000 0023
2019	1,000 0531	0,000 0023
2022	1,000 0571	0,000 0023

$$m = 2,2 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega/\text{tahun}$$

koreksi nilai standar resistor acuan berdasarkan drift yang diketahui dari riwayat kalibrasi ini dapat diestimasi :

$$\delta R_D = m \times \text{tahun} = 2,2 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega/\text{tahun}$$

$$\times 1 \text{ tahun} = 2,2 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 2

S2.9

Drift kalibrasi standar resistor acuan

- Nilai ketidakpastian ini diestimasi memiliki **distribusi normal** dengan derajat kebebasan sebesar 200.
- Nilai ketidakpastian baku dari kontributor drift standar resistor acuan, $u(\delta R_D)$, dapat diestimasi dengan persamaan :

$$u(\delta R_D) = \sqrt{\frac{SRR}{n - 2}} = 2,2 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 2

S2.10

Pengaruh suhu standar resistor acuan

- Pengkondisian laboratorium yang dijaga pada suhu $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ berkontribusi pada perubahan nilai standar resistor acuan. Koreksi yang disebabkan oleh pengaruh suhu pada standar resistor acuan diestimasi sama dengan nol. Nilai rentang paruh sebagai nilai ketidakpastian yang bersumber dari pengaruh suhu pada standar resistor acuan, $U(\delta RT)$, dapat diestimasi dari setengah dari selisih masing-masing nilai standar resistor pada suhu $21 ^\circ\text{C}$ dan $25 ^\circ\text{C}$.
- Dengan mengetahui kedua nilai koefisien suhu alpha (kemiringan kurva pada suhu $23 ^\circ\text{C}$) dan koefisien suhu beta (laju perubahan kemiringan kurva), Estimasi nilai standar resistor pada suhu $21 ^\circ\text{C}$ dan $25 ^\circ\text{C}$ dapat diketahui. Untuk tipikal standar resistor, kedua nilai koefisien suhu alpha dan beta diketahui, masing-masing secara berturut-turut sebesar:

$$\alpha = -6.8 \times 10^{-8} / ^\circ\text{C} \text{ dan } \beta = -1.7 \times 10^{-8} / ^\circ\text{C}^2$$

Suplemen 2

S2.10

Pengaruh suhu standar resistor acuan

- Estimasi nilai standar resistor pada suhu t dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$R_t = R_{23} \cdot [1 + \alpha \cdot (t - 23) + \beta \cdot (t - 23)^2]$$

Sehingga $R_{21} = 1,000\ 0572\ k\Omega$ dan $R_{25} = 1,000\ 0569\ k\Omega$.

- Nilai ketidakpastian dari kontributor pengaruh suhu pada standar resistor acuan, $U(\delta R_T)$, dapat diestimasi dengan persamaan:

$$U(\delta R_T) = \frac{1}{2} \times |R_{23} - R_{21}| = 1,4 \times 10^{-7}\ k\Omega$$

- Nilai ketidakpastian ini diestimasi memiliki distribusi **segi-4** dengan derajat kebebasan sebesar 200.
- Nilai ketidakpastian baku yang bersumber dari pengaruh suhu pada Standar Resistor acuan adalah:

$$u(\delta R_T) = \frac{U(\delta R_T)}{\sqrt{3}} = 7,9 \times 10^{-8}\ k\Omega$$

Suplemen 2

S2.11

Pengaruh daya disipasi pada standar resistor acuan

- Arus kerja yang diumpankan DMM akan menimbulkan daya disipasi kepada standar resistor acuan. Arus kerja yang diumpankan DMM pada rentang ukur 2 k Ω adalah sebesar 1 mA, sedangkan arus kerja yang diumpankan kepada standar resistor acuan saat ia dikalibrasi adalah sebesar 3,16 mA.
- Untuk tipikal standar resistor acuan 1 k Ω , spesifikasi menyatakan, bahwa arus kerja maksimal yang dapat diumpankan adalah sebesar 10 mA dan hanya jika arus tersebut lebih besar dari 2 mA, pengaruh arus kerja ini berkontribusi sebesar 1 ppm.
- Nilai rentang paruh sebagai nilai ketidakpastian yang bersumber dari pengaruh daya disipasi pada standar resistor acuan, bernilai sebesar

$$U(\delta R_p) = 1 \times 10^{-6} \times 1 \text{ k}\Omega = 1,0 \times 10^{-6} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 2

S2.11

Pengaruh daya disipasi pada standar resistor acuan

- Nilai ketidakpastian ini diestimasi memiliki distribusi **segi-4** dengan derajat kebebasan sebesar 200.
- Sehingga nilai ketidakpastian baku yang bersumber dari pengaruh daya disipasi pada standar resistor acuan adalah

$$u(\delta R_P) = \frac{U(\delta R_P)}{\sqrt{3}} = 5,8 \times 10^{-7} \text{ k}\Omega$$

Suplemen 2

S2.12

Koefisien sensitivitas

- Masing-masing koefisien sensitivitas untuk setiap kontributor ketidakpastian dapat diturunkan secara parsial berdasarkan model matematis sebagaimana persamaan E.S2.1. Nilai-nilai tersebut adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}c(\underline{r}) &= c(\delta r_R) = c(\delta r_S) = c(\delta r_L) \\ &= (R_S + \delta R_D + \delta R_T + \delta R_P) \text{ k}\Omega \\ &= (1,000\ 0571 + 0,000\ 0022) \text{ k}\Omega \\ &= 1,000\ 0593 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c(R_S) &= c(\delta R_D) = c(\delta R_T) = c(\delta R_P) \\ &= (\underline{r} + \delta r_R + \delta r_S + \delta r_L) \text{ k}\Omega/\text{k}\Omega \\ &= 0,999\ 9334 \text{ k}\Omega/\text{k}\Omega\end{aligned}$$

Suplemen 1

S2.13

Tabel S2.4. Bujet perhitungan untuk kalibrasi kalibrator resistansi DC 1 k Ω dengan metode substitusi

Bujet Ketidakpastian

Kontributor	Nilai estimasi		Ketidakpastian baku		Distribusi	Koefisien sensitivitas		Kontribusi	DoF	
X_i	x_i		$u(x_i)$		PDF	c_i		$u(R_i)$	u_i	
Pengulangan rasio kedua pembacaan DMM	0,999 9334	k Ω /k Ω	5,5E-08	k Ω /k Ω	tipe A	1,000 0593	k Ω	5,5E-08	4	
Resolusi DMM	0,000 0000	k Ω /k Ω	2,0E-08	k Ω /k Ω	segi-3/ tipe B	1,000 0593	k Ω	2,0E-08	200	
Stabilitas jangka pendek DMM	0,000 0000	k Ω /k Ω	4,3E-07	k Ω /k Ω	segi-3/ tipe B	1,000 0593	k Ω	4,3E-07	200	
Non-linearitas DMM	0,000 0000	k Ω /k Ω	6,3E-07	k Ω /k Ω	norm/ tipe B	1,000 0593	k Ω	6,3E-07	200	
Sertifikat kalibrasi Standar Resistor Acuan	1,000 0571	k Ω	1,2E-06	k Ω	norm/ tipe B	0,999 9334	k Ω /k Ω	1,1E-06	∞	
Drift kalibrasi Standar Resistor Acuan	0,000 0022	k Ω	2,2E-06	k Ω	norm/ tipe B	0,999 9334	k Ω /k Ω	2,2E-06	200	
Pengaruh suhu pada Standar Resistor Acuan	0,000 0000	k Ω	7,9E-08	k Ω	segi-4/ tipe B	0,999 9334	k Ω /k Ω	7,9E-08	200	
Pengaruh daya disipasi pada Standar Resistor Acuan	0,000 0000	k Ω	5,8E-07	k Ω	segi-4/ tipe B	0,999 9334	k Ω /k Ω	5,8E-07	200	
Penunjukan Kalibrator Resistansi DC	0,999 9934	k Ω								
C_x	-0,000 0007	k Ω	Ketidakpastian baku gabungan:						2,6E-06	
			Derajat kebebasan efektif:						431	
			Faktor cakupan 95 % tingkat kepercayaan:						2,0	
			Ketidakpastian bentangan (95%):						0,000 0053	k Ω

Suplemen 1

S2.14

Hasil Kalibrasi

Rentang (k Ω)	Penunjukan Alat (k Ω)	Koreksi Penunjukan (k Ω)	Ketidakpastian (k Ω)
2	0,999 9934	-0,000 0007	0,000 0053

- Resistansi DC diukur pada arus 1 mA. Ketidakpastian pengukuran dihitung dengan faktor cakupan $k = 2,0$ pada tingkat kepercayaan 95 %.

DIS OPEN CUSS FOR ION

TERIMA KASIH THANK YOU



member of



www.bsn.go.id



member of

www.kan.or.id



Badan Standardisasi Nasional



bsn_sni



www.bsn.go.id

BSN BADAN STANDARISASI NASIONAL

TEKNIK FISIKA

SEMINAR DAN WORKSHOP HARI METROLOGI SEDUNIA 2024

"Peran Metrologi dalam Inovasi Teknologi untuk Pembangunan Berkelanjutan"

NARASUMBER :

Prof. Dr. Ir. Deddy Kurniadi, M.Eng.
(Guru Besar Instrumentasi dan Kontrol FTI ITB)

Helmi Zaini, S.T., M.Sc.
(Metrolog Ahli Madya SNSU-BSN)

C. Cordova, S.T., M.Sc.
(Head of Business Development Digital Transformation PT. Yokogawa Indonesia)

AULA TIMUR ITB
(JL. GANESA NO.10 BANDUNG)

KAMIS, 6 JUNI 2024
08.30-16.00 WIB

REGISTRASI UNTUK MENDAPAT UNDANGAN:
<https://bit.ly/registrasiWMD>
(KUOTA TERBATAS)

Workshop "World Metrology Day"

"Pengembangan Sistem Kalibrasi Ultrasonografi (USG)"
Prof. Dr. Suprijanto, S.T., M.T.
(Guru Besar Instrumentasi dan Kontrol FTI ITB)

"Panduan Kalibrasi Kalibrator Resistansi DC"
Lukluk Khairiyati, S.T., M.T.
(Metrolog Ahli Madya - SNSU BSN)

"Panduan Kalibrasi Mesin Uji Gaya Tarik/Tekan (Uniaxial Testing Machine)"
Arif Rahman Hakim, S.T.
(Penelaah Ketertelusuran Standar Pengukuran - SNSU BSN)

Disponsori oleh:

NARAHUBUNG: Nurvita Aji | 0857-4791-2138 | ajinurvita@bsn.go.id

www.bsn.go.id

1

Kalibrasi dan Optimisasi Ultrasonography(USG) pada Aplikasi Medis

Prof. Dr. Ir. Suprijanto ST MT IPM

Dosen:
S1, S2 dan S2 Teknik Fisika – Fakultas Teknologi Industri ITB
S2 Instrumentasi dan Kontrol – Fakultas Teknologi Industri ITB
S2 Multi-Disiplin Teknologi Kesehatan ITB dan FK-UNPAD

Peneliti Senior :
Kelompok Keahlian Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi , ITB

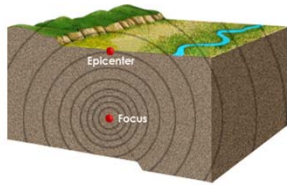
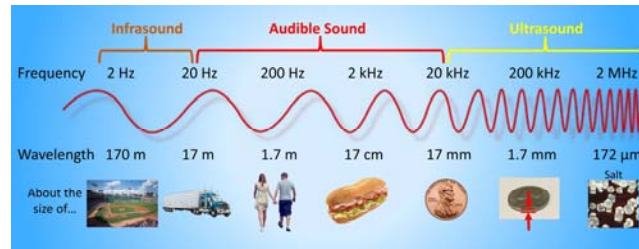
BPD/FOD = 48/71 X 100 = 67%

71 mm

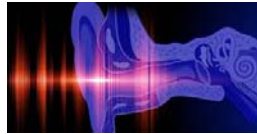
2

Gelombang Akustik

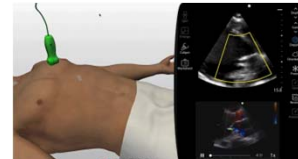
Gelombang Akustik adalah gelombang mekanik dimana dalam propagasinya memerlukan medium



Infrasound : < 20 Hz



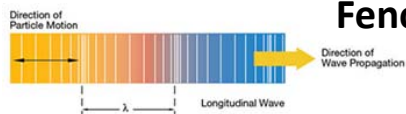
Audible Sound: 20 Hz – 20 KHz



ULTRASOUND : > 20 KHz (US)

3

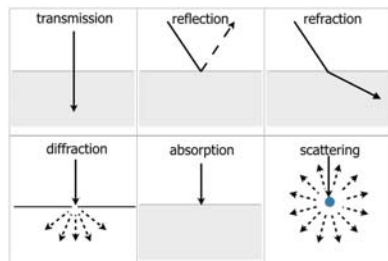
Fenomena Dasar Gelombang US



Cepat rambat gelombang (ms^{-1}) Panjang gelombang (m)

$$c = f\lambda$$

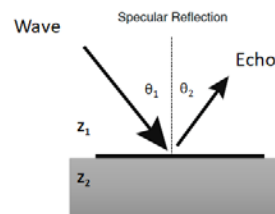
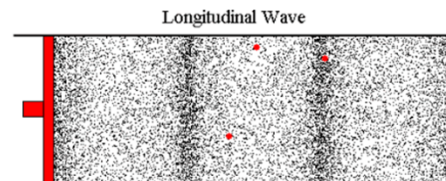
Frequency: Hertz ($1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$)



$$Z = \rho c$$

Densitas medium

Cepat rambat pada medium



$$\frac{I_r}{I_i} = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

4

4

Pembangkitan dan Fenomena Gelombang US

5

5

Pembangkitan Gelombang US

Audible Sound: 20 Hz – 20 KHz

Ultrasound

6

6

Transduser Ultrasonik

Single/Double active elements transducer

Array active elements transducer

32 elements transducer

128 elements transducer

56000 elements transducer

7

7

Transduser Ultrasonik

16 Element

8

8

Teknologi Ultrasonik Pulse-Echo (A-Mode)

- A-line (A-scan/A-mode)**

$Z_{transducer} \neq Z_{objek}$

Perlunya gel akustik untuk impedance matching

9

9

Instrumentasi Ultrasonik Pulse Generator

Pulser → Pembangkit input tegangan pada Transduser US
Perkembangan Mutakhir untuk Sistem Elektronik Pulser US

DC-DC Converter → low Voltage to High Voltage :
Monolithic Power System

Switching Circuit → field-programmable gate array (FPGA) FPGA → IC yang dapat dikonfigurasi untuk →
Multi channel pulse → array transduser pada Ultrasonografi

Masalah : Relatif Mahal untuk pendukung Riset Dasar

10

10

Instrumentasi Ultrasonik Pulser-Receiver

SINGLE-CHANNEL OPEN PROGRAMMABLE
ULTRASOUND BOARD FPGA

<https://unOrick.cc/unOrick>

11

11

Instrumentasi Ultrasonik Pulse-Echo (A-Mode)

Eksperimen A Mode USG di Laboratorium Instrumentasi Medik, FTI-ITB

$t_1 \rightarrow$ first time echo
 $t_2 \rightarrow$ second time echo

$$D = \frac{c \cdot t}{2}$$

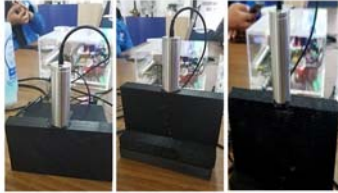
Open Board USG A Mode

12

12

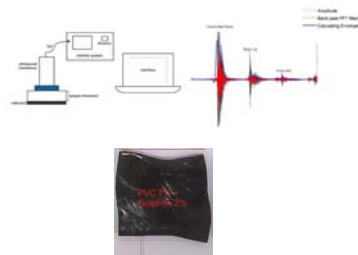
Instrumentasi Ultrasonik Pulse-Echo (A-Mode)

Basic A-Mode Pulser Experiment Lab. Instrumentasi Medik FTI – ITB / Biomedik Tel-U



Initial study of A-Mode ultrasound spectroscopy through mechanical wave scattering phenomenon for measuring 3D-printed bone model density

Hesty Susanti¹, Haneni Mukhtar¹, Suprijanto², Willy Anugrah Cahyadi³,
¹School of Electrical Engineering, Telkom University,
 Jalan Telekomunikasi No. 1, Bandung 40257
 Republic of Indonesia
²Instrumentation and Control Research Group, Faculty of Industrial Technology,
 Institut Teknologi Bandung,
 Jalan Ganesha No. 10, Bandung 40132
 Republic of Indonesia



Physical and Engineering Sciences in Medicine
<https://doi.org/10.1007/s12466-022-01282-y>

SCIENTIFIC PAPER

Evaluation of physical properties and image of polyvinyl chloride as breast tissue equivalence for dual-modality (mammography and ultrasound)

Aditya Prayugo Hariyanto¹ · Nurhanifa Tri Budiarti² · Suprijanto³ · Kwan Hoong Ng⁴ · Freddy Haryanto⁵ · Endarko⁶

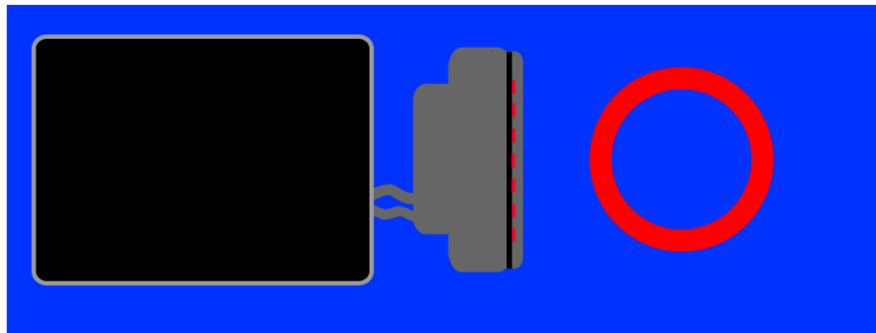
Received: 8 December 2022 / Accepted: 18 May 2023
 © Australian College of Physical Scientists and Engineers in Medicine 2023

13

13

Prinsip Pencitraan Ultrasonik B-Mode

Citra B-scan (“Brightness”-mode):
 Dasar Ultrasonography (USG) Medis



Citra B-scan : A-Mode Scan dalam posisi berbeda

14

14

Prinsip Pencitraan Ultrasonik B-Mode

Control Position scanning system

Motor servo driver ↔ ESP32 board

Motor servo

UnoRICK Board

Raspberry Pi ↔ Computer

Open A Mode Pulse Echo System

Water chamber

Exsperiment Pengembangan untuk Inspeksi non-Medis

15

15

Prinsip Pencitraan Ultrasonik B-Mode

16

16

Prinsip USG Medis 2D dengan B-Mode

The collage illustrates the principle of 2D medical ultrasound. It features a schematic diagram of a transducer emitting waves into a yellow medium, a photograph of a Mindray ultrasound machine with labels for 'Alat USG', 'Layar Tambahan', and 'tranduser', a close-up of a transducer on a block labeled 'objek', and a screenshot of a B-mode ultrasound image showing a curved structure.

17

PRINSIP USG MEDIS 2D DENGAN B-MODE

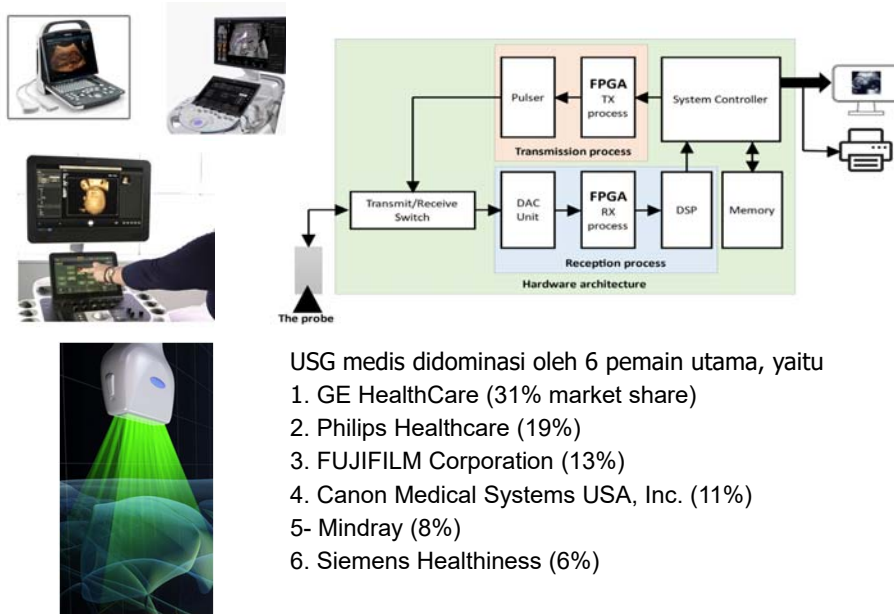
The diagram and photograph explain the principle of 2D medical ultrasound. It shows a cross-section of a transducer, a photograph of a transducer on a block with dimensions (10 cm, 8 cm, 10 cm), a schematic of a single scan line, and a schematic of a series of scan lines. A B-mode ultrasound image is also included.

TRANSDUSER
 kirim
 terima
 jarum
 air sebagai medium latar belakang yang homogen dan anechoic
 1 garis pindai

TRANSDUSER
 1 seri garis pindai

18

Prinsip USG Medis 2D dengan B-Mode

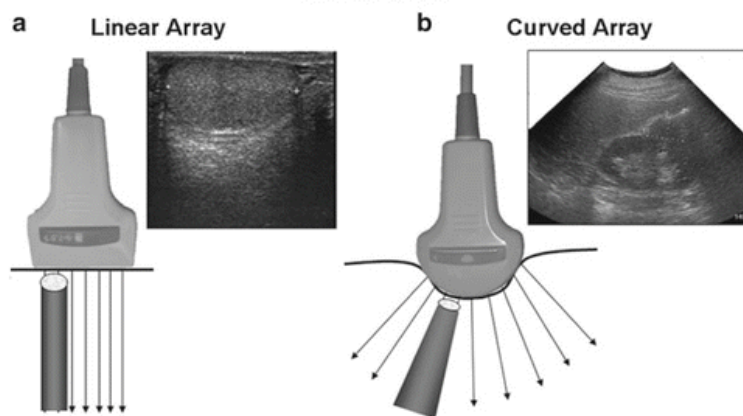


19

19

Prinsip USG Medis 2D dengan B-Mode

Jenis Transduser (Probe) USG untuk general diagnostic



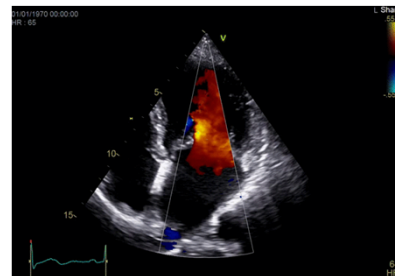
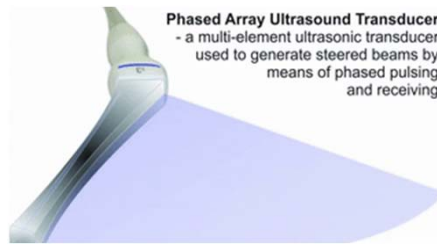
20

20

Prinsip USG Medis 2D dengan B-Mode Jenis Transduser (Probe) untuk Advance USG



phased array probe USG



21

21

Faktor Penentu Kualitas Citra B Mode USG

Kontras pada Citra

Kontras : Kemampuan mata untuk membedakan informasi pada citra USG

Kontras pada Citra USG sangat terkait pola Echo pada bagian hard tissue, soft tissue atau daerah yang terdapat rongga udara

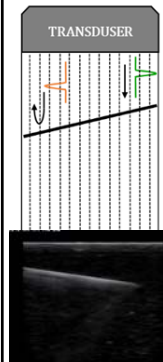
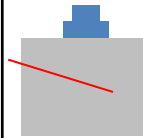


22

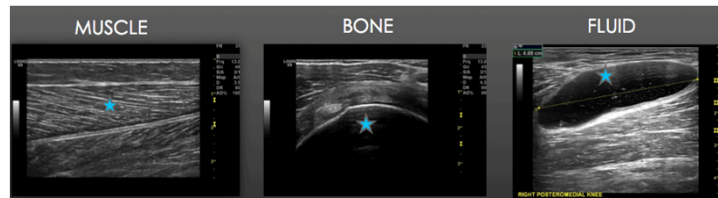
22

Faktor Penentu Kualitas Citra B Mode USG

Some Definitions :



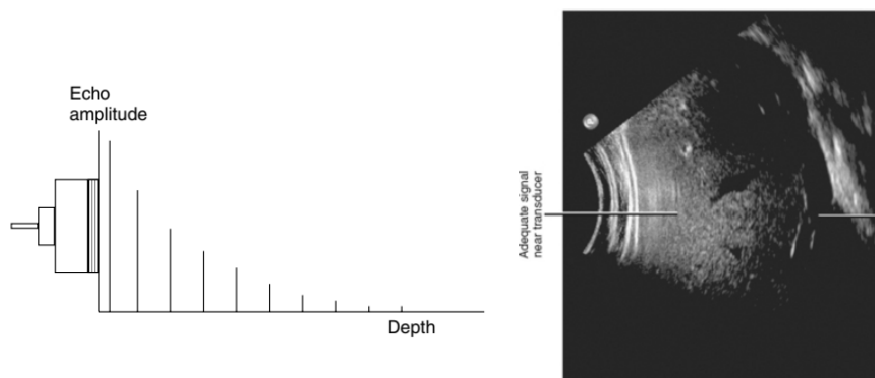
- Sonographic images are identified in terms of echoes
- Different structures emit different signals on US imaging → termed as echogenicity
- Higher Reflection → Higher Echogenicity
- Hyperechoic structures → appear white and bright
- Isoechoic → same density as surrounding structures and appear grey
- Hypoechoic structures → appear dark, black and produce weak signal



23

Faktor Penentu Kualitas Citra B Mode USG

- Atenuasi : penurunan energi akustik seiring perambatan gelombang ultrasonik melewati berbagai medium, yang dipengaruhi : kedalaman, frekuensi, dan jenis *tissue*.



24

24

Faktor Penentu Kualitas Citra B Mode USG

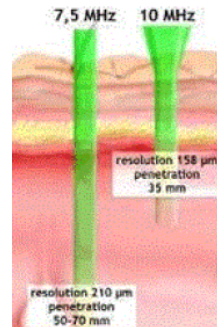
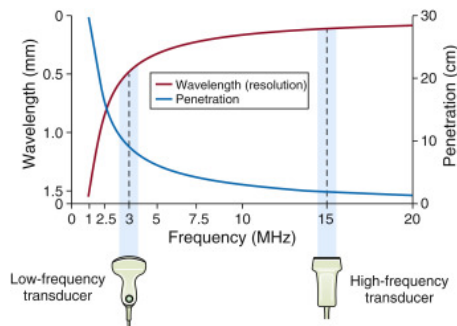
- Deep Penetration : makin tinggi frekuensi (f) makin dangkal

Tissue	Attenuation (dB cm ⁻¹ MHz ⁻¹)
Liver	0.399
Brain	0.435
Muscle	0.57
Blood	0.15
Water	0.02
Bone	22

$$\mu = af^m \quad (a \text{ is attenuation at } 1\text{MHz})^*$$

$m \approx 1$ most tissue

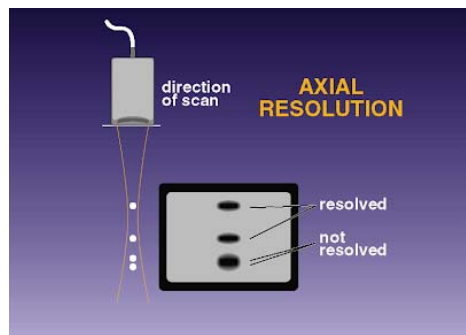
$m \approx 4$ untuk small scattering



25

25

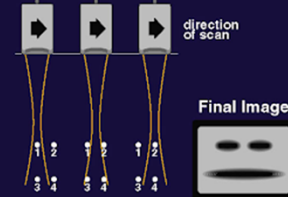
Faktor Penentu Kualitas Citra B Mode USG



Resolusi



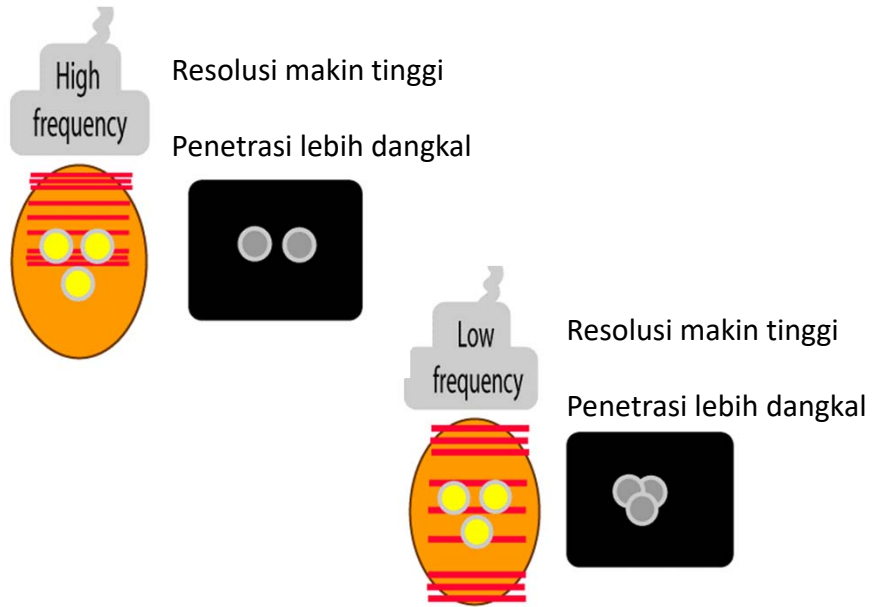
BEAM WIDTH AND LATERAL RESOLUTION



26

26

Faktor Penentu Kualitas Citra B Mode USG

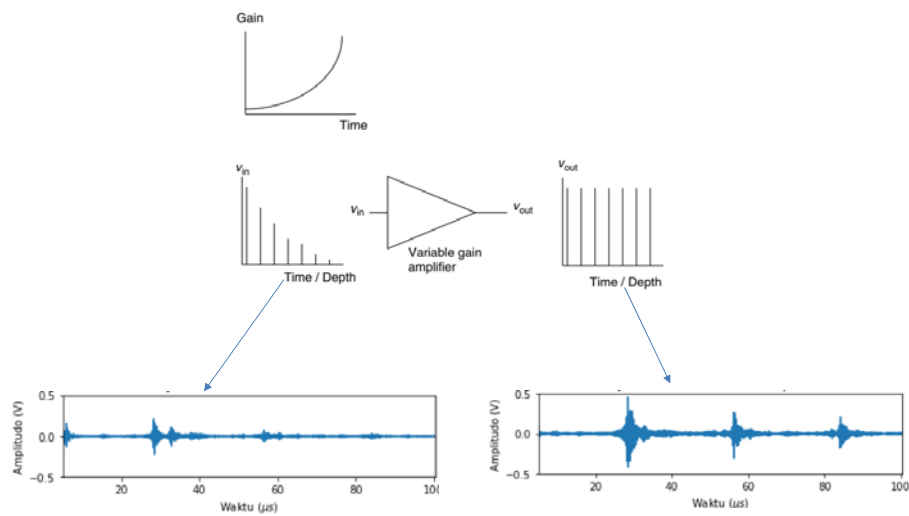


27

27

Solusi Peningkatan Kualitas Contrast Citra B Mode

TGC (Time-Gain Compensation)



Echo Signal A-Mode

28

28

Optimalisasi Kualitas Kontras Citra B Mode USG

Optimalisasi kualitas kontras citra B-mode dapat dilakukan dengan manipulasi beragam knobs, buttos dan kontral pada perangkat USG → **Knobology**

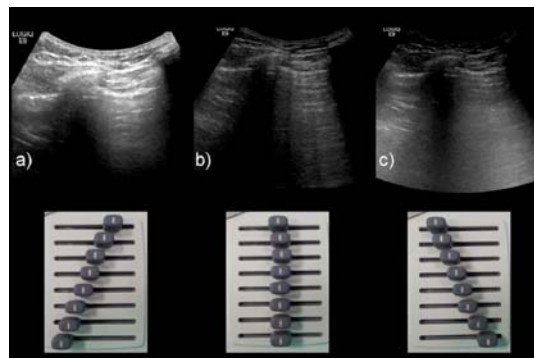
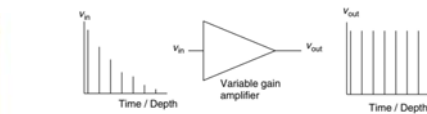
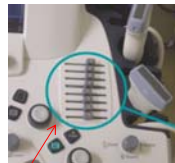
- TGC, Gain Depth, Power
- Frequency Transducer, Resolution and Penetration
- Focal Zones
- Harmonics
- Magnification
- Gray Scale Mapping

29

29

Optimalisasi Kualitas Kontras Citra B Mode USG

TGC (Time-Gain Compensation)



30

30

Optimalisasi Kualitas Kontrast Citra B Mode USG

Gain Depth



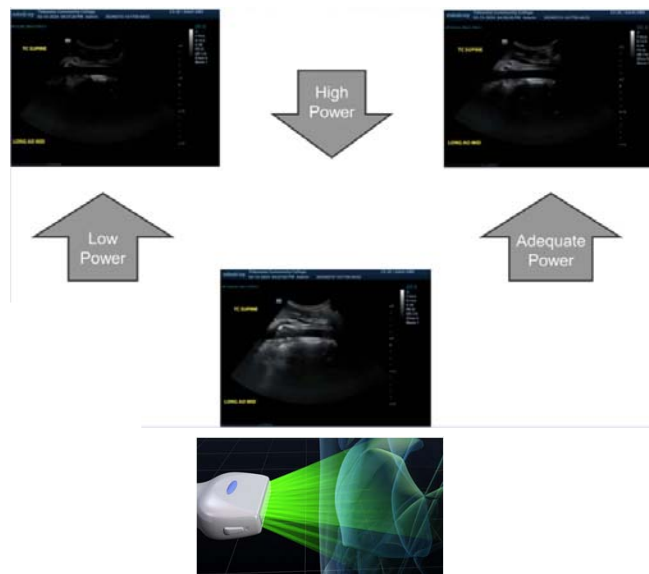
Gain Depth diperlukan untuk memaksimalkan visualisasi anatomi organ yang dicitrakan

31

31

Optimalisasi Kualitas Kontrast Citra B Mode USG

Power : Amplitude dari berkas gelombang US

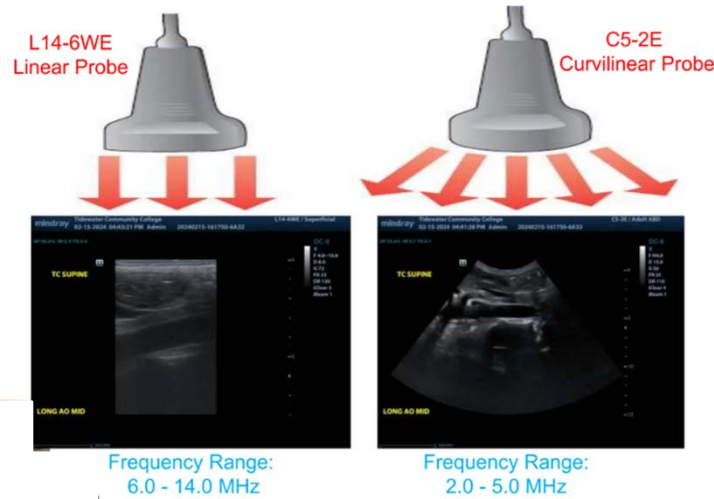


32

32

Optimalisasi Kualitas Kontrast Citra B Mode USG

Frequency Transducer, Resolution and Penetration

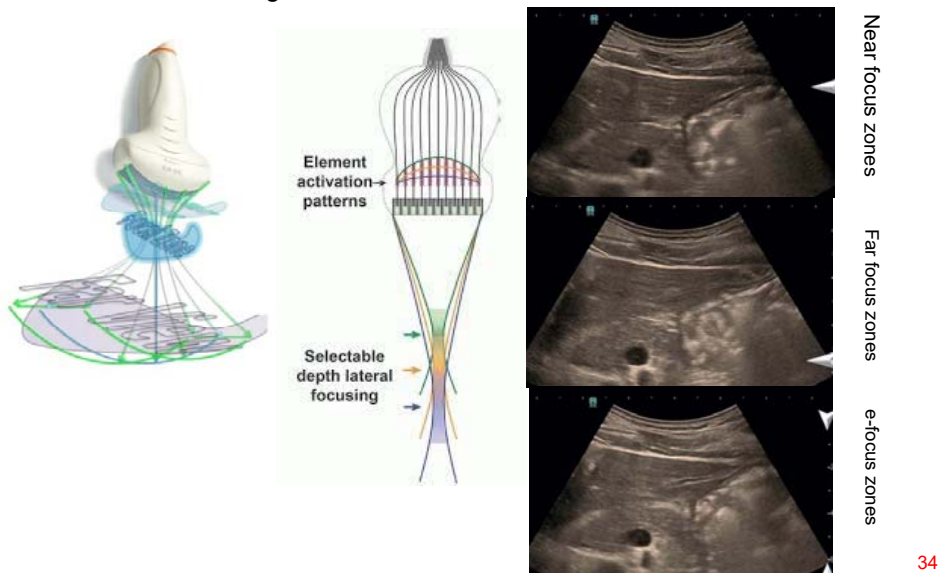


33

33

Optimalisasi Kualitas Kontrast Citra B Mode USG

Focal Zones : adalah daerah konsentrasi dari berkas gelombang US.
Semakin dekat dengan transduser berkas makin melebar

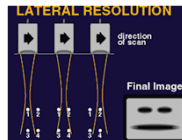


34

34

Optimalisasi Kualitas Kontrast Citra B Mode USG

Tissue Harmonic Imaging (THI): peningkatan kontras rasio dengan meningkatkan resolusi lateral dan reduksi background noise dengan mereduksi *side lobe artifact*



Tanpa THI

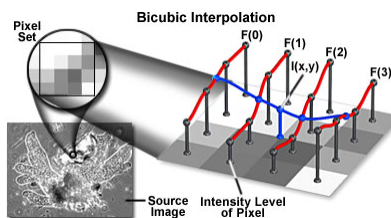
Dengan THI

35

35

Optimalisasi Kualitas Kontrast Citra B Mode USG

Magnification (Zoom) : pada freezing → zoom secara digital image processing

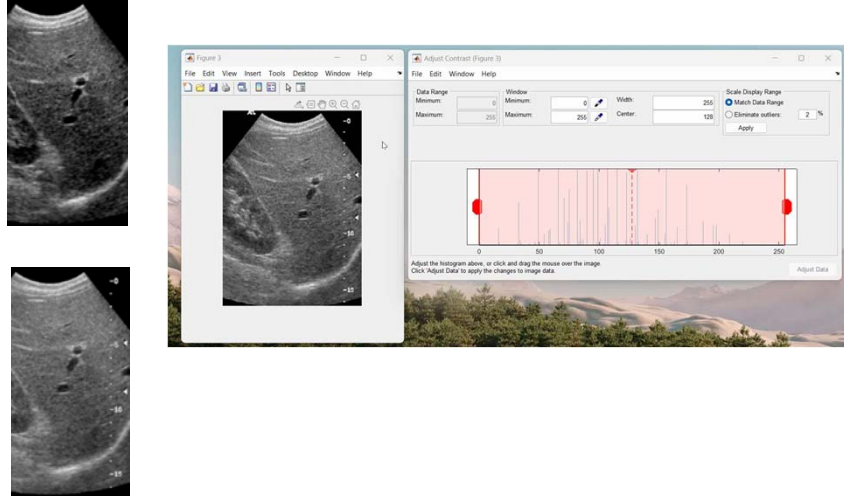


36

36

Optimalisasi Kualitas Kontras Citra B Mode USG

Gray Scale Mapping : Peningkatan dinamik range citra



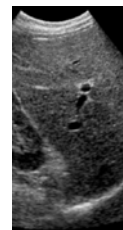
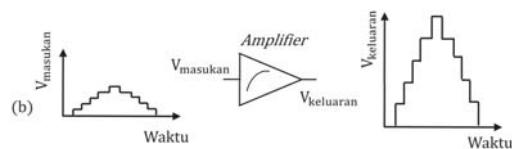
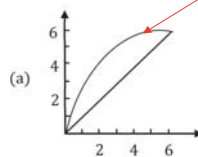
37

37

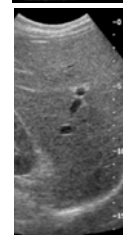
Solusi Peningkatan Kualitas Contrast Citra B Mode

- Peningkatan dinamik range citra : untuk meningkatkan detail informasi dari objek yang menjadi perhatian

Kompres dinamik range non linier amplifier



Dinamik range 40dB



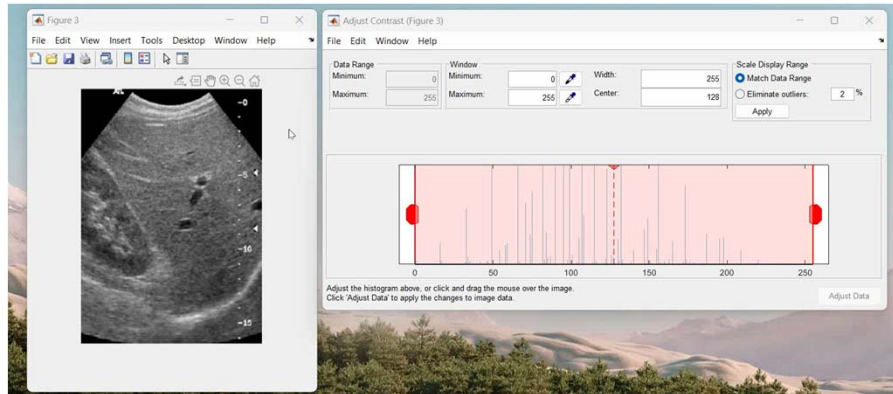
Dinamik range 80dB

38

38

Solusi Peningkatan Kualitas Contrast Citra B Mode

Peningkatan dinamik range gray scale citra



39

39

Quality Assurance(QA) pada USG

QA pada USG memerlukan test objek standar (**Phantom**) yang didesain tissue mimicking material (TMM) yang mensimulasikan parameter akustik dan sifat fisik dari tissue

QA pada USG digunakan untuk evaluasi secara konsistensi performance dari USG system dalam jangka waktu tertentu

Lembaga Akreditasi : AIUM (American institute of ultrasound in medicine)

ACR (American College of Radiology)



40

40

Quality Assurance(QA) pada USG

Tipe USG Phantom

- General Purpose QA Phantoms
 - Typically used for general B-Mode imaging
- System Specific QA Phantoms
 - Prostate Brachytherapy
 - Breast Ultrasound
 - 3D Systems
 - Radiotherapy Systems
 - Doppler Systems
 - Elasticity Systems
- Training & Demonstration Phantoms
 - Developing eye-hand coordination
 - Learning general scan techniques
 - System Demonstrations
 - Task Trainers

41

41

Quality Assurance(QA) pada USG

Mengapa Perlu USG General Purpose Phantom

- Propertis akustik telah diketahui pada proses manufactur phantom
- Ukuran dari target objek pada phantom sudah diketahui
- Lokasi dari target objek pada phantom sudah diketahui
- Stabilitas material phantom yang baik untuk waktu yang lama

QC pada B-Mode USG

- TGC, Gain Depth, Power
- Frequency Transducer, Resolution and Penetration
- Focal Zones
- Harmonics
- Magnification
- Gray Scale Mapping

42

42

Quality Assurance(QA) pada USG General Purpose Phantom



43

43

Quality Assurance(QA) pada USG General Purpose CIRC Phantom Model 054GS



ZERDINE® Inside
A registered trademark of CIRS

- Test the full range of standard diagnostic ultrasound probes (2 MHz to 18 MHz)
- Detachable water wells allow for testing curvilinear and endocavity probes
- Ensure over ten years of reliable use through reinspection and repair services


The phantom is made of CIRS' proprietary Zerdine® hydrogel polymer, which has been formulated to provide tissue mimicking properties including compatibility with harmonic imaging. To maximize phantom lifetime, this gel is contained in a rugged ABS plastic housing with a Saran-based laminate membrane.

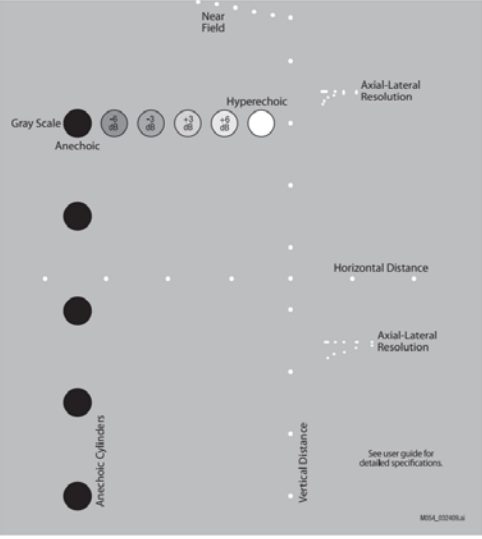
44

44

Quality Assurance(QA) pada USG

General Purpose CIRC Phantom Model 054GS





Key Tests with Model 054GS

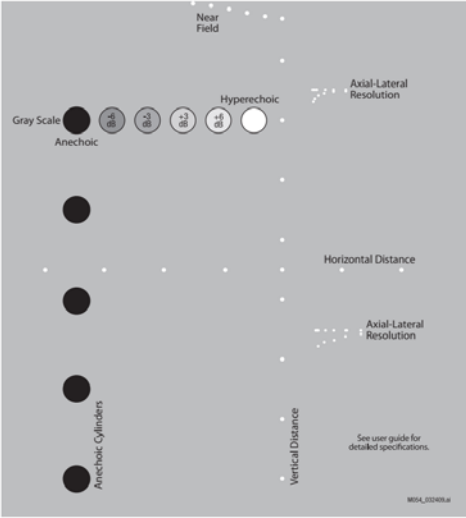
- Uniformity
- Depth of Penetration
- Beam Profile/ Focal Zone/ Lateral Response Width
- Vertical Distance Measurement
- Horizontal Distance Measurement
- Axial and Lateral Resolution
- Elevational Resolution
- Contrast Resolution
- Grayscale Contrast Sensitivity
- Dead Zone Assessment

45

45

Quality Assurance(QA) pada USG

General Purpose CIRC Phantom Model 054GS



ZERDINE® PROPERTIES

Freezing point: 0° C
 Melting point: Above 100° C
 Speed of Sound: 1540 m/s
 Other: Compatible with harmonic imaging

VERTICAL DISTANCE GROUP

Number of targets: 10
 Wire diameter: 100-micron, nylon monofilament
 Depth range: 1 to 18 cm
 Spacing: 20 mm

HORIZONTAL DISTANCE GROUP

Number of groups: 7
 Wire: 100-micron, nylon monofilament
 Depth: 9 cm
 Spacing: 20 mm respectively

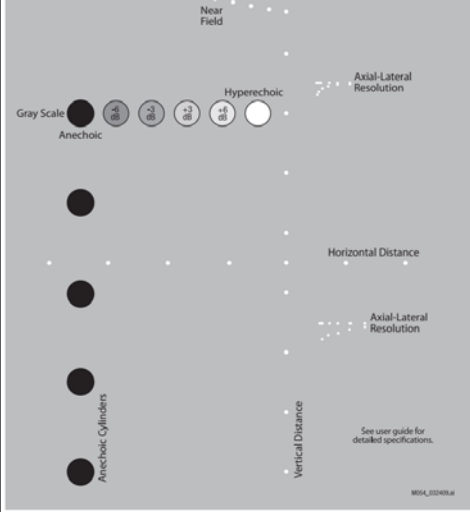
NEAR FIELD GROUP

Number of targets: 6
 Wire Diameter: 100 microns, nylon monofilament
 Depth range: 1 to 6 mm
 Distance b/w Targets: 1 mm

46

46

Quality Assurance(QA) pada USG General Purpose CIRC Phantom Model 054GS



AXIAL-LATERAL RESOLUTION GROUPS
Wire diameter: 80 microns

Group 1 Depth: 3 cm
Axial separation: 4, 3, 2, 1, 0.5 & 0.25 mm
Lateral separation: 4, 3, 2, 1, 0.5 & 0.25 mm

Group 2 Depths: 11 cm
Axial separation: 5, 4, 3, 2 & 1 mm
Lateral separation: 5, 4, 3, 2 & 1 mm

ANECHOIC CYLINDERS
Number of targets: 5
Diameter of targets: 8 mm
Depth of Targets: 4, 7, 10, 13, & 16 cm
Contrast: Anechoic, Cyst-like

GRAY SCALE TARGETS
Number of targets: 6
Contrast: -6 dB, -3 dB, +3 dB, +6 dB & hyperechoic (about 12 dB) with respect to background
Depth: 4 cm
Diameter: 8 mm

See user guide for detailed specifications.
MISL_054GS_01

47

47

Quality Assurance(QA) pada USG General Purpose CIRC Phantom Model 054GS



General Guidelines for Performing Measurements



It is recommended that all measurements be performed at the most frequently used imaging arrangements. The importance of these tests is to make sure that system performance remains constant over an extended period of time. Measurements may also be used to compare the performance of various setups of the same machine or to compare different machines in a quantitative manner.


The following are general steps for imaging all targets:

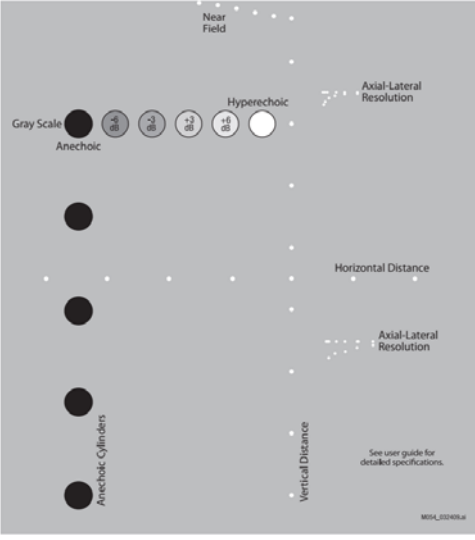
- Some wires will appear as short lines rather than dots. When using the electronic calipers, always take measurements from a point on one echo to the same point on the next (i.e., center to center). Otherwise, errors may be introduced.
- If a convex probe is used, center the target within the scan plane in order to minimize degradation and distortion introduced on the outer edges of the probe.
- When assessing vertical distance measurements, DO NOT press on the scanning surface. Pressure on the scanning surface causes the wires to become temporarily displaced, making vertical distance measurements inaccurate.
- When assessing horizontal distance accuracy, ensure that the scan plane is perpendicular to the horizontal target group. Rotation of the probe will result in inaccurate distances.
- Always be sure the phantom is scanned while at room temperature. A phantom just received may be colder or hotter than room temperature depending on where it was stored during shipping. Temperature affects the speed of sound and, ultimately, the perceived measurements. The phantom should be stored at room temperature for at least 24 hours before use to ensure its core temperature is correct.
- The most accurate measurements will be made with the phantom $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($70^{\circ}\text{F}-73^{\circ}\text{F}$).

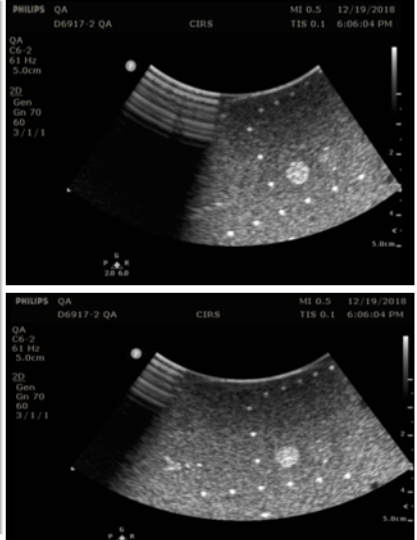
48

Quality Assurance(QA) pada USG

Rocking Transducer








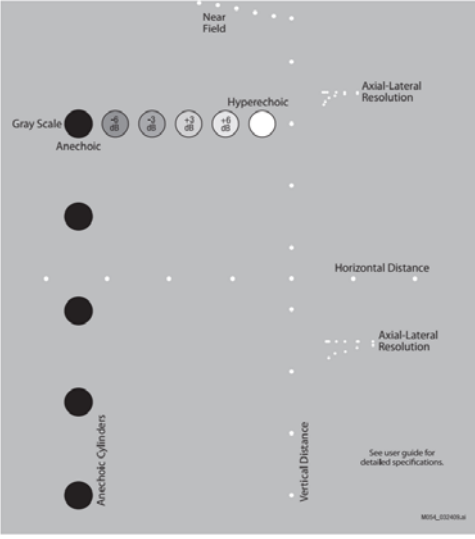
49

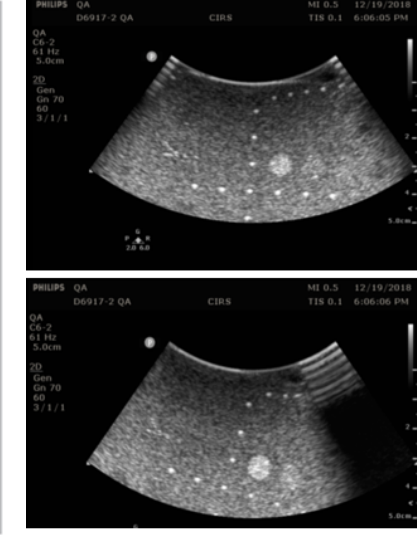
49

Quality Assurance(QA) pada USG

Testing Curved Transducers: Rocking Transducer







50

50

Quality Assurance(QA) pada USG

Testing Linear Transducers: Rocking Transducer

PHILIPS QA D9917-2 QA CIRS 48 0.6 12/18/2018 TIS 0.0 5:51:29 PM

QA LINEAR
1.2+
30 Hz
18.0cm

2D
HRes
Gn 70
60
1.1 / 0

QA SMALL P
1.2+
23 Hz
18.0cm

2D
HRes
Gn 60
60
1.1 / 0

Gray Scale
Anisochic
Hyperechoic
Axial/Lateral Resolution
Horizontal Distance
Axial/Lateral Resolution
Vertical Distance
Anisochic Cylinder
See user guide for description of functions.
MPL 020004

51

51

Quality Assurance(QA) pada USG

Standard geometric accuracy measurements

PHILIPS QA PORTAL 182965603 CIRS MI 0.6 12/21/2018 TIS 0.0 3:05:14 PM

QA
C6-2 + Length 15.8 cm
26 Hz * Length 11.9 cm
18.0cm † Depth 10.2 cm

2D
Gen
Gn 70
60
3 / 1 / 1

18.0cm

Soft Med Hard Elasticity
Hyperechoic
+6 dB
Axial/Lateral Resolution
Horizontal Distance
Soft Med Hard Elasticity
Axial/Lateral Resolution
Horizontal Distance
Hyperechoic
+6 dB
Axial/Lateral Resolution
Vertical Distance

52

52

Quality Assurance(QA) pada USG

Standard geometric accuracy measurements

53

53

Quality Assurance(QA) pada USG

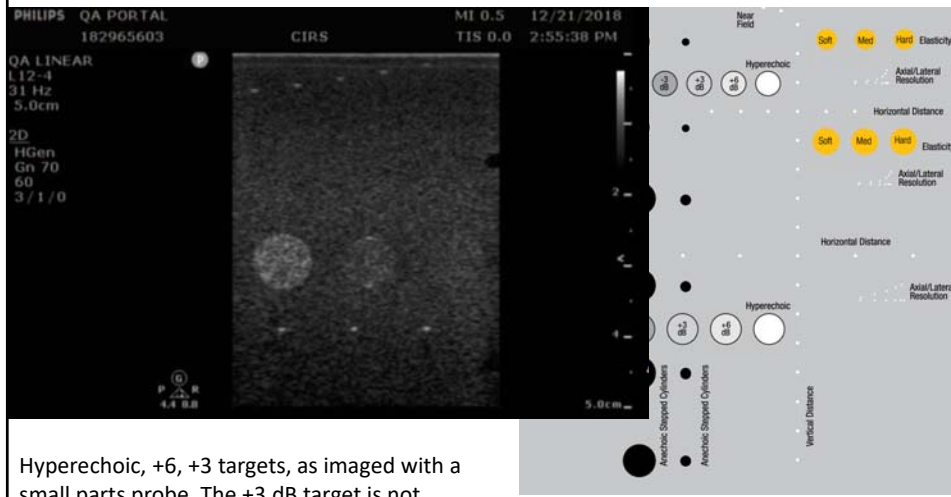
measure depth of penetration

54

54

Quality Assurance(QA) pada USG

Greyscale images Contrast



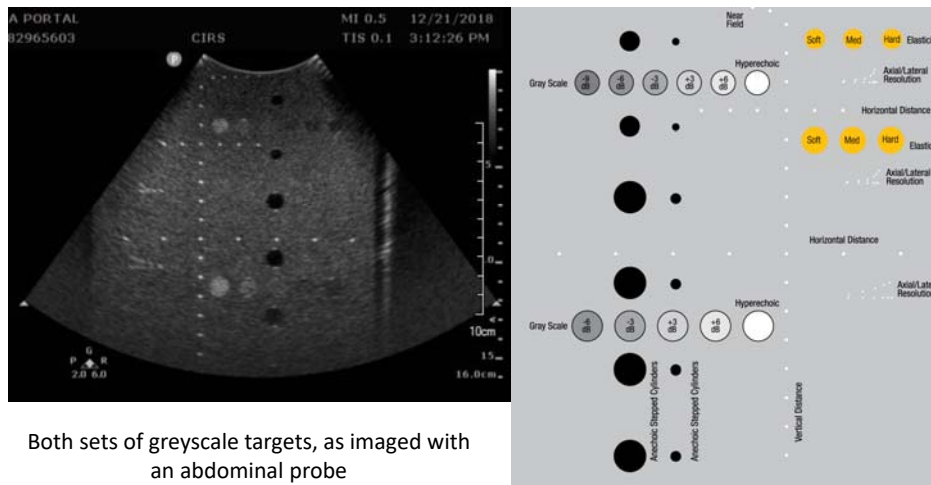
Hyperechoic, +6, +3 targets, as imaged with a small parts probe. The +3 dB target is not clearly visible

55

55

Quality Assurance(QA) pada USG

Greyscale images Contrast




Both sets of greyscale targets, as imaged with an abdominal probe

56

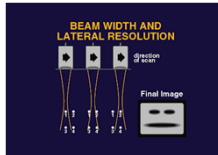
56

Quality Assurance(QA) pada USG

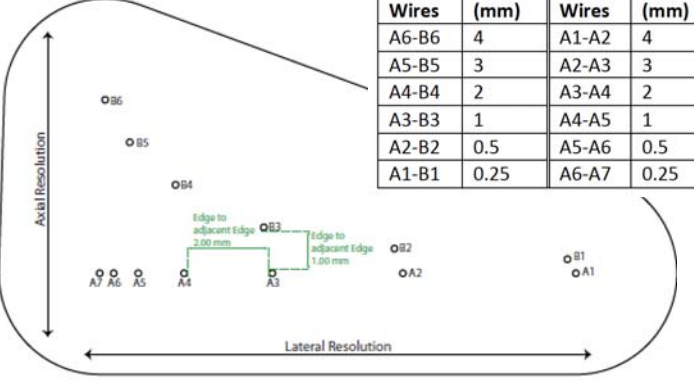
Spatial Resolution Axial and lateral




AXIAL RESOLUTION



BEAM WIDTH AND LATERAL RESOLUTION



Axial Wires	Dist. (mm)	Lateral Wires	Dist. (mm)
A6-B6	4	A1-A2	4
A5-B5	3	A2-A3	3
A4-B4	2	A3-A4	2
A3-B3	1	A4-A5	1
A2-B2	0.5	A5-A6	0.5
A1-B1	0.25	A6-A7	0.25



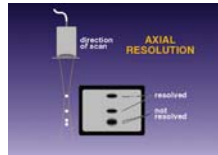
Axial/Lateral Resolution

57

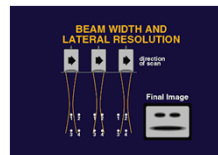
57

Quality Assurance(QA) pada USG

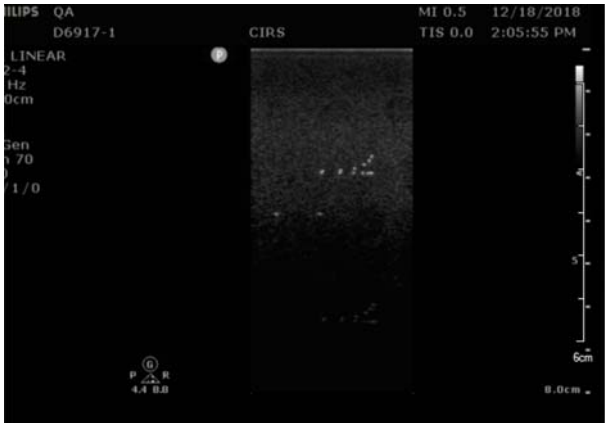
Spatial Resolution Axial and lateral




AXIAL RESOLUTION



BEAM WIDTH AND LATERAL RESOLUTION



Philips QA D6917-1 CIRS MI 0.5 12/18/2018
 TIS 0.0 2:05:55 PM
 LINEAR 2-4 Hz 0cm
 Gen 70
 1/0
 P 4.4 R 8.8
 6cm
 0.0cm



Axial/Lateral Resolution

58

58

Quality Assurance(QA) pada USG

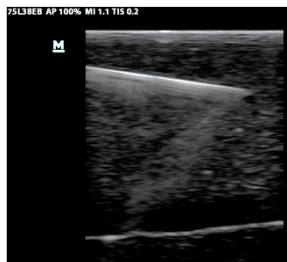
Tipe USG Phantom

- General Purpose QA Phantoms
 - Typically used for general B-Mode imaging
- System Specific QA Phantoms
 - Prostate Brachytherapy
 - Breast Ultrasound
 - 3D Systems
 - Radiotherapy Systems
 - Doppler Systems
 - Elasticity Systems
- Training & Demonstration Phantoms
 - Developing eye-hand coordination
 - Learning general scan techniques
 - System Demonstrations
 - Task Trainers

59

59

Pengembangan Phantom untuk Training & Demonstration



60

60

Pengembangan Phantom untuk Training & Demonstration



Program Studi Ilmu dan Teknik Material
Fakultas Teknik Mesin dan Dirigantara
Institut Teknologi Bandung
2022

BioMaterials Lab



Hidrogel Poli(vinil alkohol) sebagai Material Fantom Kalibrasi Ultrasonik

Disusun oleh:

Dita Puspitasari (23720002)

Pembimbing:

Lia Amelia Tresna Wulan Asri, S. Si., M. Si., Ph.D.

Dr. Ir. Suprijanto, S.T., M.T., IPM.

Fantom berbasis gelatin



Umur simpan pendek

61

61



Nikmatnya Mencari
Ilmu dan Indahnnya
Berbagi Pengetahuan



TERIMA KASIH

62

62