

**ANALISIS KEAKURATAN INFUSION PUMP PRODUK DALAM
NEGERI DALAM KONTEKS TINGKAT KOMPONEN DALAM NEGERI
(TKDN) DI RSUD KARANGANYAR DENGAN METODE
UNCERTAINTY**

TESIS S2

Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Magister Teknik

Program Magister Teknik Elektro

Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Diajukan Oleh

DEDY ISKANDAR

NIM : 20602400012

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2025

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

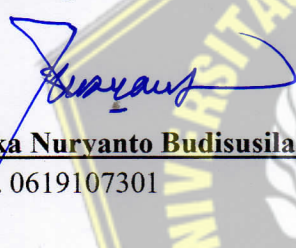
ANALISIS KEAKURATAN INFUSION PUMP PRODUK DALAM NEGERI DALAM KONTEKS TINGKAT KOMPONEN DALAM NEGERI (TKDN) DI RSUD KARANGANYAR DENGAN METODE UNCERTAINTY

Yang dipersiapkan dan disusun oleh
DEDY ISKANDAR
NIM : 20602400012

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal: 28 November 2025
Susunan Dewan Penguji :

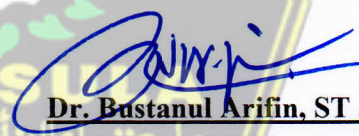
Pembimbing Utama

Penguji 1


Dr. Eka Nurvanto Budisusila, ST, MT
NIDN. 0619107301


Prof. Dr. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si
NIDN. 0620026501

Penguji 2


Dr. Bustanul Arifin, ST, MT
NIDN. 0614117701

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Magister Teknik
Tanggal, 28 November 2025
Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro


Prof. Dr. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si
NIDN. 0620026501

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

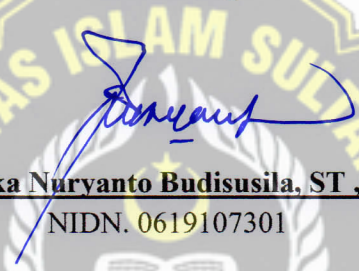
Tesis S-2

**ANALISIS KEAKURATAN INFUSION PUMP PRODUK DALAM
NEGERI DALAM KONTEKS TINGKAT KOMPONEN DALAM NEGERI
(TKDN) DI RSUD KARANGANYAR DENGAN METODE
UNCERTAINTY**

Yang diajukan oleh
DEDY ISKANDAR
NIM : 20602400012

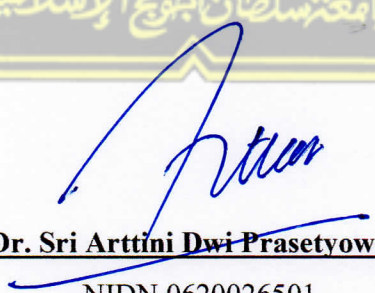
Telah diperiksa dan disetujui
Pada tanggal: 28 November 2025

Pembimbing 1



Dr. Eka Nuryanto Budisusila, ST, MT
NIDN. 0619107301

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Magister Teknik
Tanggal, 28 November 2025
Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro



Prof. Dr. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si
NIDN.0620026501

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dedy Iskandar

NIM : 20602400012

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proposal Tesis yang diajukan kepada Program Studi Magister Teknik Elektro dengan judul :

” ANALISIS KEAKURATAN INFUSION PUMP PRODUK DALAM NEGERI DALAM KONTEKS TINGKAT KOMPONEN DALAM NEGERI (TKDN) DI RSUD KARANGANYAR DENGAN METODE UNCERTAINTY”

Adalah hasil karya sendiri, judul tersebut belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) ataupun pada universitas lain serta belum pernah ditulis maupun diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu, disitasi dan di tunjuk dalam daftar pustaka. Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tesis ini adalah tanggung jawab saya.

Semarang, 28 November 2025

Penulis



Dedy Iskandar

NIM 20602400012

PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dedy Iskandar
NIM : 20602400012
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Desertasi dengan judul :

Analisis Keakuratan Infusion Pump Produk Dalam Negeri Dalam Konteks Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) DI RSUD Karanganyar Dengan Metode Uncertainty

Dan menyetujuinya menjadi hak milik Universitas Sultan Agung serta Memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif untuk di simpan, dialih mediakan, di kelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh – sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta /plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 28 November 2025

Yang menyatakan,



Dedy Iskandar

NIM 20602400012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sholawat dan salam kepada Rasulullah SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi kita semua. Sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan judul Analisis Keakuratan Infusion Pump Produksi Lokal Berdasarkan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) Di RSUD Karanganyar Dengan Metode Uncertainty

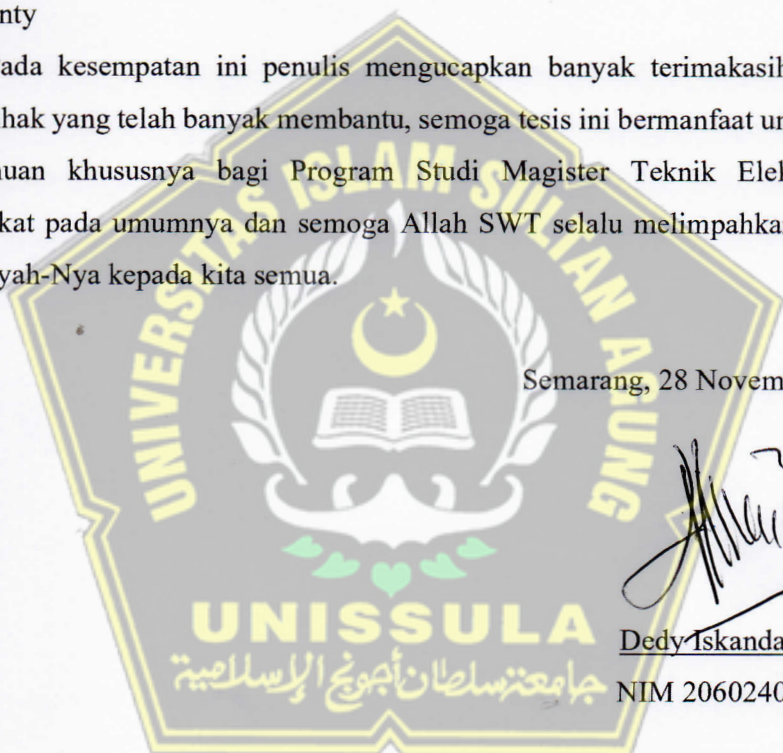
Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu, semoga tesis ini bermanfaat untuk ilmu pengetahuan khususnya bagi Program Studi Magister Teknik Elektro dan Masyarakat pada umumnya dan semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.

Semarang, 28 November 2025



Dedy Iskandar

NIM 20602400012



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	2
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	3
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	4
KATA PENGANTAR	5
DAFTAR ISI.....	7
DAFTAR GAMBAR	8
DAFTAR TABEL.....	9
ABSTRAK.....	11
ABSTRACT.....	12
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Keaslian Penelitian.....	4
1.7 Kontribusi Tesis	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
BAB V KESIMPULAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Infuse Pump.....	7
Gambar 2. 2 Infuse set merk NIPRO	8
Gambar 2. 3 Infuse Device Analyzer.....	8
Gambar 2. 4 Pemasangan Infusion Set (IV tube) dengan Infusion Pump	11
 Gambar 3. 1 Pengukuran Infuse pump.....	 19
Gambar 3. 2 Diagram Blok Pengukuran.....	20
Gambar 3. 3 Diagram Alir flow rate	20
Gambar 3. 4 Diagram Alir Occlusion	21
 Gambar 4. 1 Proses Pengujian	 30
Gambar 4. 2 Infusion Device	31
Gambar 4. 3 Thermohygrometer.....	32
Gambar 4. 4 Diagram Batang Data Pengukuran Ketidakpastian.....	58



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel Pengambilan Data	22
Tabel 3. 2 Pendataan Alat	23
Tabel 3. 3 Alat Ukur.....	23
Tabel 3. 4 Pelaksanaan Pengambilan Data	24
Tabel 3. 5 Kondisi Ruangan.....	24
Tabel 3. 6 Pengambilan Data	24
Tabel 3. 7 Laju cairan rata – rata per jam	25
Tabel 3. 8 Ketidakpastian Pengukuran.....	26
Tabel 3. 9 Hasil Budget Ketidakpastian Pengukuran Aliran	27
 Tabel 4. 1 Pendataan Alat	 30
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Kondisi Lingkungan	31
Tabel 4. 3 Pengukuran Endo 1 occlusion test	32
Tabel 4. 4 Pengukuran Endo 1 flow rate test	33
Tabel 4. 5 Pengukuran Endo 2 occlusion test	33
Tabel 4. 6 Pengukuran Endo 2 flow rate test	33
Tabel 4. 7 Pengukuran ESA 1 occlusion test	34
Tabel 4. 8 Pengukuran ESA 1 flow rate test	34
Tabel 4. 9 Pengukuran ESA 2 occlusion test	35
Tabel 4. 10 Pengukuran ESA 2 flow rate test	35
Tabel 4. 11 Pengukuran Inmedik 1 occlusion test	36
Tabel 4. 12 Pengukuran Inmedik 1 flow rate test	36
Tabel 4. 13 Pengukuran Inmedik 2 occlusion test	37
Tabel 4. 14 Pengukuran Inmedik 2 flow rate test	37
Tabel 4. 15 Pengukuran Krisma Care 1 occlusion test	38
Tabel 4. 16 Pengukuran Krisma Care 1 flow rate test	38
Tabel 4. 17 Pengukuran Krisma Care 2 occlusion test	39
Tabel 4. 18 Pengukuran Krisma Care 2 flow rate test	39

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Endo 1	40
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Endo 2	41
Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Esa Tech 1	42
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Esa Tech 2	43
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Inmedik 1.....	44
Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Inmedik 2.....	46
Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Krisma Care 1.....	47
Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Krisma Care 2.....	48
Tabel 4. 27 Informasi Administratif Laporan Telaah Teknis	49
Tabel 4. 28 Telaah Teknis Kondisi Ruangan	49
Tabel 4. 29 Telaah Teknis Alat Ukur yang digunakan	49
Tabel 4. 30 Hasil Telaah Teknis Endo 1	50
Tabel 4. 31 Hasil Telaah Teknis Endo 2	51
Tabel 4. 32 Hasil Telaah Teknis Esa Tech 1.....	52
Tabel 4. 33 Hasil Telaah Teknis Esa Tech 2.....	53
Tabel 4. 34 Hasil Telaah Teknis Inmedik 1	54
Tabel 4. 35 Hasil Telaah Teknis Inmedik 2	55
Tabel 4. 36 Hasil Telaah Teknis Krisma Care 1	56
Tabel 4. 37 Hasil Telaah Teknis Krisma Care 2	57



ABSTRAK

Kebijakan *Tingkat Komponen Dalam Negeri* (TKDN) mendorong pemanfaatan alat kesehatan produksi nasional, namun keakuratan dan keamanannya perlu dibuktikan. Penelitian ini bertujuan menganalisis akurasi *infusion pump* produk dalam negeri di RSUD Karanganyar menggunakan metode pengukuran *uncertainty*. Sebanyak delapan unit dari empat merek (*Endo*, *ESA Tech*, *Inmedik*, dan *Krisma Care*) diuji pada parameter *flow rate* dengan variasi 10, 50, 100, 200, dan 300 mL/jam. Setiap titik pengujian dilakukan enam kali pengulangan menggunakan *Infusion Device Analyzer Fluke IDA 5* yang telah terkalibrasi. Data dianalisis melalui perhitungan rata-rata, koreksi, simpangan baku, dan ketidakpastian diperluas ($k = 2$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh *infusion pump* TKDN (100%) memenuhi batas toleransi $\pm 10\%$ sesuai standar PO.002-18 dan dinyatakan laik pakai. Simpangan terendah tercatat sebesar 0,21 mL/jam ($\approx 0,7\%$) dan tertinggi 25,57 mL/jam ($\approx 8,5\%$), dengan rata-rata kesalahan relatif terbesar pada pengaturan 300 mL/jam, namun tetap dalam batas aman. Temuan ini menegaskan bahwa *infusion pump* TKDN memiliki akurasi tinggi, kompatibel dengan *infus set* TKDN, serta layak digunakan di fasilitas pelayanan kesehatan. Kalibrasi berkala tetap direkomendasikan untuk menjaga kinerja alat.

Kata Kunci: Infusion Pump, TKDN, Kalibrasi, Flow Rate, Pengukuran *Uncertainty*

ABSTRACT

The Domestic Component Level (TKDN) policy encourages the utilization of nationally manufactured medical devices; however, their accuracy and safety must be verified. This study aims to analyze the accuracy of domestically produced infusion pumps at Karanganyar Regional Hospital using the uncertainty measurement method. A total of eight units from four brands (Endo, ESA Tech, Inmedik, and Krisma Care) were tested for the flow rate parameter at 10, 50, 100, 200, and 300 mL/h, with six repetitions at each point, using a calibrated Infusion Device Analyzer Fluke IDA 5. Data analysis included the calculation of the mean, correction, standard deviation, and expanded uncertainty ($k = 2$). The results showed that all TKDN infusion pumps (100%) met the tolerance limit of $\pm 10\%$ according to the PO.002-18 standard and were declared fit for use. The lowest deviation was recorded at 0.21 mL/h ($\approx 0.7\%$), while the highest was 25.57 mL/h ($\approx 8.5\%$), with the largest relative error occurring at the 300 mL/h setting but remaining within safe limits. These findings confirm that TKDN infusion pumps exhibit high accuracy, are compatible with TKDN infusion sets, and are suitable for use in healthcare facilities. Regular calibration is still recommended to maintain device performance.

Keywords: *Infusion Pump, TKDN, Calibration, Flow Rate, Measurement Uncertainty*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infusion pump merupakan perangkat medis yang digunakan untuk memasukkan cairan ke dalam tubuh pasien dalam jumlah besar maupun kecil. Alat ini dapat digunakan untuk pemberian nutrisi maupun obat, seperti insulin, hormon, antibiotik, obat kemoterapi, dan analgesik, secara terkendali [1], [2].

Infus set merupakan salah satu komponen penting dalam terapi intravena, berfungsi sebagai penyalur cairan dari botol infus menuju kateter intravena yang dimasukkan ke dalam pembuluh darah vena [1]. Sementara itu, *Infusion Device Analyzer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur parameter *flow* (aliran) dan *occlusion* (penyumbatan) pada *infusion pump*. Alat ini tersedia dalam beberapa varian kanal (1, 2, 3, hingga 4 kanal) dan mampu mengukur *flow*, *average flow*, serta *occlusion pressure*. Pada penggunaan *infusion pump* di ruang ICU, diperlukan alat dengan tingkat akurasi yang tinggi [3][4]

Ketidaksesuaian dosis infus dapat menimbulkan efek negatif pada tubuh pasien [5]. Pemberian dosis yang berlebihan, misalnya, dapat menyebabkan berbagai komplikasi seperti sesak napas, hipertensi, dan sakit kepala [6].

Dalam bidang kesehatan, pemerintah Indonesia mewajibkan penggunaan produk dalam negeri. Kebijakan ini diatur melalui dua regulasi utama, yaitu:

1. Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2018 tentang Pemberdayaan Industri.
2. Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2021 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah, yang merupakan perubahan atas Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018.

Melalui regulasi tersebut, setiap pengadaan barang atau jasa pemerintah diwajibkan menggunakan produk dalam negeri dengan nilai *Tingkat Komponen Dalam Negeri* (TKDN) minimal 40 persen.

Selain itu, Pasal 86 Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 menegaskan kewajiban penggunaan produk dalam negeri dalam pengadaan barang dan jasa. Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 juga mempercepat

peningkatan penggunaan produk dalam negeri, termasuk produk usaha mikro, kecil, dan koperasi, dalam rangka menyukseskan Gerakan Nasional Bangga Buatan Indonesia pada pengadaan barang/jasa pemerintah. Dengan demikian, produk yang dapat masuk dalam daftar pengadaan harus memiliki nilai TKDN minimal 25 persen, sedangkan produk dengan TKDN di bawah 25 persen maupun produk impor tidak diperbolehkan

Dalam konteks alat kesehatan, salah satu produk yang terdampak kebijakan ini adalah *infusion pump*. Maraknya produk alat kesehatan dalam negeri (TKDN) di pasaran memberikan dampak positif bagi perkembangan riset dan teknologi, meskipun masih terdapat keraguan terhadap kualitas produk tersebut [7].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat akurasi *infusion pump* produk dalam negeri (TKDN) yang digunakan di RSUD Karanganyar dengan metode *uncertainty*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil pengukuran dan pengujian performa *infusion pump* produksi dalam negeri yang digunakan di RSUD Karanganyar berdasarkan parameter *flow rate* dan *occlusion* menggunakan alat kalibrator *Infusion Device Analyzer* (IDA) dengan metode ketidakpastian pengukuran?
2. Bagaimana tingkat akurasi dan batas toleransi hasil pengukuran *infusion pump* dalam negeri berdasarkan standar pengujian, serta kesesuaiannya dengan *infus set* dalam negeri yang digunakan di RSUD Karanganyar?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini diberikan batasan masalah untuk menentukan fokus utama kajian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada keluhan pengguna terkait *akurasi infusion pump* yang dianggap kurang tepat, meskipun telah disesuaikan dengan pengaturan (*setting*) yang tersedia. Hal ini menimbulkan keraguan apakah ketidakakuratan tersebut berasal dari *infusion pump* atau dari infus set yang digunakan.

2. Penelitian menggunakan *infusion pump* TKDN dari empat merek dengan dua unit berbeda.
3. Penelitian menggunakan infus set TKDN sebagai media penyalur cairan.
4. Pengukuran dilakukan sebanyak enam kali pengulangan dengan pengaturan (*setting*) *flow rate* yang sama.
5. Pengaturan *flow rate* yang digunakan adalah 10, 50, 100, 200, dan 300 mL/jam.
6. Cairan yang digunakan dalam pengujian adalah akuades.

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pengukuran dan pengujian performa *infusion pump* produksi dalam negeri yang digunakan di RSUD Karanganyar berdasarkan parameter *flow rate* dan *occlusion* menggunakan alat kalibrator *Infusion Device Analyzer* (IDA) dengan metode *uncertainty*.

1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dan batas toleransi hasil pengukuran *infusion pump* TKDN berdasarkan standar pengujian, serta menilai kesesuaiannya dengan *infus set* TKDN yang digunakan di RSUD Karanganyar.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memiliki manfaat teoritis yaitu memberikan pengetahuan *infusion pump* dengan berbagai jenis Infus set yang ada di RSUD Karanganyar.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi ilmu pengetahuan

Menambah wawasan dan pengetahuan terkait analisis keakurasian *infusion pump* dan infus set TKDN pada RSUD Karanganyar

b. Bagi User

Memberikan pemahaman dan meningkatkan kepercayaan terkait keakurasian *infusion pump* pada RSUD Karanganyar

1.6 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian ini didasarkan pada perbandingan dengan sejumlah penelitian terdahulu yang memiliki fokus serupa, namun menggunakan pendekatan dan lingkup yang berbeda. Salah satunya adalah penelitian oleh Iskandar dkk. [1] berjudul *Analisis Infus set terhadap Keakurasian Infusion pump di Ruang ICU RSUD Karanganyar*. Dalam penelitian tersebut, pengujian dilakukan menggunakan tiga unit *infusion pump* produk luar negeri dan empat jenis *infus set* luar negeri. Pengambilan data dilakukan pada variasi *flow rate* 10, 50, 100, 200, dan 300 mL/jam, serta mencakup analisis tekanan *occlusion*.

Penelitian serupa dilakukan oleh Syaifudin dkk. [8] yang mengevaluasi pengaruh *infus set* terhadap hasil kalibrasi pada *infusion pump*, dengan menggunakan tiga merek alat dan empat merek *infus set* luar negeri. Namun, penelitian tersebut hanya menguji dua titik laju aliran, yaitu 10 mL/jam dan 100 mL/jam.

Kedua penelitian tersebut belum membahas aspek *Tingkat Komponen Dalam Negeri* (TKDN) dan belum menggunakan metode kuantitatif berbasis Ketidakpastian (*uncertainty*) dalam evaluasi akurasi alat. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki keaslian tersendiri karena menganalisis *infusion pump* dan *infus set* produksi dalam negeri, menggunakan alat kalibrasi standar *Infusion Device Analyzer* (IDA), serta menerapkan pendekatan metodologi berbasis *uncertainty* untuk menilai akurasi secara ilmiah.

Selain itu, beberapa penelitian lain memberikan konteks pelengkap. Penelitian oleh Lasiyah dkk [9] merancang sistem *infusion pump* berbasis IoT yang dapat mendeteksi darah pada selang infus, tetapi tidak menguji akurasi alat secara terstandar maupun mempertimbangkan komponen lokal. Penelitian oleh Maghfiroh dkk.[10] mengembangkan sistem analisis alat infus dengan fitur

deteksi *occlusion* dan pemantauan parameter *real-time* melalui *Bluetooth*, namun belum menggunakan pendekatan *uncertainty* dan tidak membahas TKDN.

Penelitian dari Vieira dkk [11] menyoroti permasalahan *start-up delay* pada *syringe infusion pump* dengan berbagai teknik *priming* dan laju aliran rendah, tetapi penelitian tersebut terbatas pada perangkat internasional dan tidak relevan dengan kondisi alat dalam negeri. Adapun Sholihah dkk. [12] dan Wadianto dkk [13] lebih menekankan pada simulasi pemantauan tetesan cairan dengan sensor sederhana tanpa pendekatan metrologi maupun integrasi kebijakan nasional.

Berdasarkan perbandingan tersebut, keunggulan utama penelitian ini adalah mengombinasikan evaluasi akurasi *infusion pump* produk lokal dengan analisis berbasis *uncertainty*, sekaligus memasukkan aspek TKDN sebagai parameter strategis dalam pengembangan dan pengadaan alat kesehatan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan mutu alat kesehatan nasional, tetapi juga mendukung kebijakan pengadaan alat medis berbasis komponen dalam negeri [14].

1.7 Kontribusi Tesis

Tesis ini memberikan kontribusi sebagai berikut :

1. Memperluas cakupan penelitian terdahulu dengan menambahkan analisis berbasis metode *uncertainty* pada evaluasi akurasi *infusion pump* produksi dalam negeri.
2. Memberikan manfaat praktis bagi bagian pengadaan, khususnya dalam proses pemilihan dan pembelian unit *infusion pump* serta *infus set* TKDN di RSUD Karanganyar.
3. Memberikan manfaat praktis bagi pengguna (*user*) sebagai pihak yang mengoperasikan *infusion pump* di RSUD Karanganyar, melalui pemahaman yang lebih baik mengenai tingkat akurasi alat.
4. Menyajikan penelitian yang lebih komprehensif terkait keakuratan *infusion pump* dengan mempertimbangkan standar pengujian dan aspek kebijakan nasional mengenai TKDN.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian menurut Iskandar dkk [1] berjudul “*Analisis Infus set terhadap Keakurasian Infusion pump di Ruang ICU RSUD Karanganyar*” menggunakan tiga merek *infusion pump* dan empat merek *infus set*. Pengujian dilakukan pada variasi *flow rate* 10, 50, 100, 200, dan 300 mL/jam serta mencakup analisis parameter *occlusion*.

Penelitian lain oleh Syaifudin dkk. berjudul [8] “*Pengaruh Infusion Set pada Kalibrasi Infusion pump*” mengevaluasi pengaruh empat merek *infus set* terhadap hasil pengukuran *flow rate*. Pengujian dilakukan pada dua titik laju aliran, yaitu 10 mL/jam dan 100 mL/jam, dengan menggunakan beberapa unit *infusion pump*.

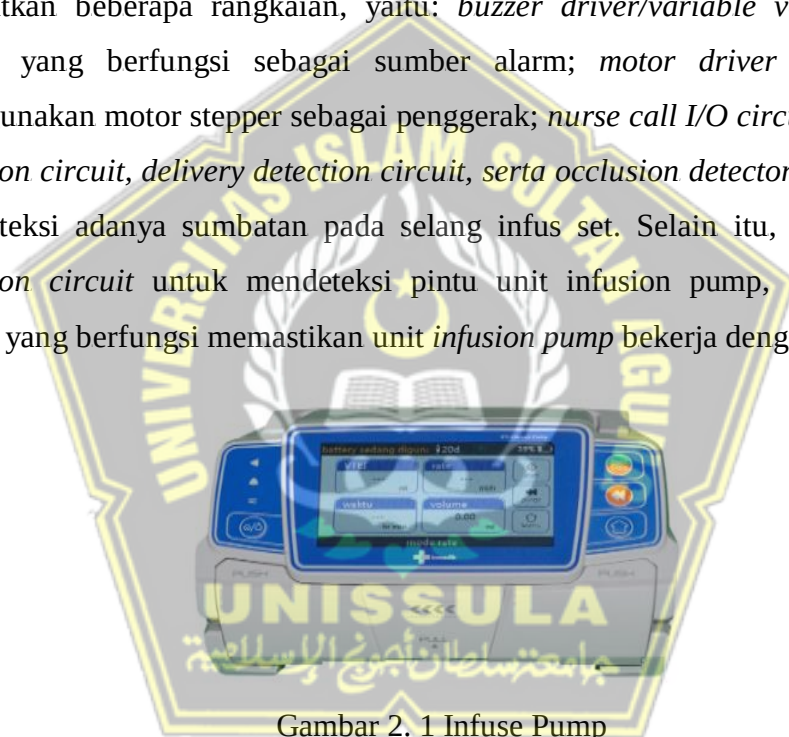
Selain itu, penelitian yang menggunakan data klinis *Therapeutic Drug Monitoring* (TDM) rutin juga relevan dalam konteks Ketidakpastian pengaturan laju infus. Data TDM sering dimanfaatkan untuk mengembangkan model farmakokinetik populasi (*population pharmacokinetics/PK*), yang kemudian diterapkan dalam perhitungan dosis presisi berbasis model. Namun, Ketidakpastian dalam dokumentasi waktu pengambilan sampel maupun waktu infus belum banyak dievaluasi secara sistematis. Sebagai contoh, penelitian pada dua obat antiinfeksi menunjukkan bahwa dokumentasi yang tidak pasti mengenai waktu sampling dan kecepatan infus dapat memengaruhi akurasi pemodelan PK populasi serta perhitungan dosis presisi [6].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Infusion Pump

Infusion pump adalah perangkat medis yang digunakan untuk memasukkan cairan ke dalam tubuh pasien, baik dalam jumlah besar maupun kecil. Alat ini dapat digunakan untuk memberikan nutrisi atau obat, seperti insulin dan hormon lainnya, antibiotik, obat kemoterapi, serta analgesik, dengan cara yang terkontrol [2].

Prinsip kerja dari unit *infusion pump* seperti pada gambar 2.1 umumnya melibatkan beberapa rangkaian, yaitu: *buzzer driver/variable volume buzzer circuit* yang berfungsi sebagai sumber alarm; *motor driver circuit* yang menggunakan motor stepper sebagai penggerak; *nurse call I/O circuit*, *air-in-line detection circuit*, *delivery detection circuit*, serta *occlusion detector circuit* untuk mendeteksi adanya sumbatan pada selang infus set. Selain itu, terdapat *door detection circuit* untuk mendeteksi pintu unit infus pump, serta *fail-safe circuit* yang berfungsi memastikan unit *infusion pump* bekerja dengan baik.



Gambar 2. 1 Infuse Pump

2.2.2 Infus set

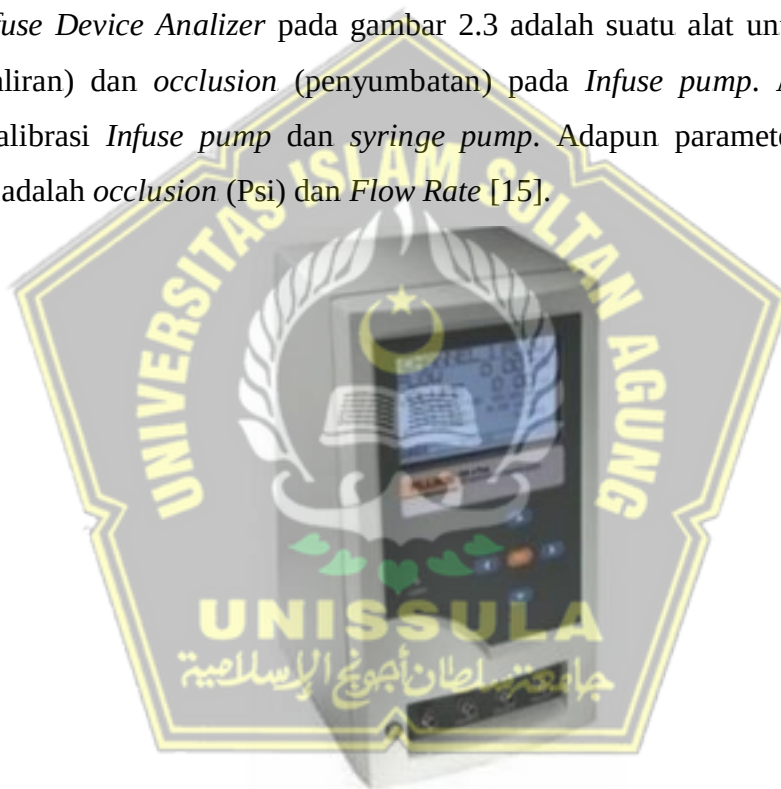
Infuse set seperti pada gambar 2.2 adalah peralatan medis untuk memberikan cairan infus ke dalam tubuh pasien melalui intravena untuk memenuhi kebutuhan dan elektrolit serta sebagai tindakan pengobatan dan pemberian makanan [1]



Gambar 2. 2 Infuse set merk NIPRO

2.2.3 Infus Device Analyzer

Infuse Device Analyzer pada gambar 2.3 adalah suatu alat untuk mengukur *flow* (aliran) dan *occlusion* (penyumbatan) pada *Infuse pump*. Alat ini dapat mengkalibrasi *Infuse pump* dan *syringe pump*. Adapun parameter yang dapat diukur adalah *occlusion* (Psi) dan *Flow Rate* [15].



Gambar 2. 3 Infus Device Analyzer

2.2.4 Kalibrasi

Kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen pengukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dengan besaran yang diukur dalam kondisi tertentu (definisi: Metrologi) [16].

Menurut Permenkes No. 54 Tahun 2015 [7], kalibrasi adalah kegiatan peneraan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur dan/atau bahan ukur. Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukurnya yang mampu telusur (*traceable*) ke standar nasional untuk satuan ukuran dan/atau internasional.

Tujuan terciptanya sistem kegiatan Pengujian dan Kalibrasi pada alat kesehatan adalah agar:

- a) Tercapainya kondisi laik pakai untuk menjamin ketelitian, ketepatan serta keamanan alat kesehatan.
- b) Mendukung peningkatan mutu pelayanan kesehatan.
- c) Menentukan definisi kebenaran konvensional nilai penunjukan suatu instrumen ukur.
- d) Menjamin hasil-hasil pengukuran sesuai dengan standar nasional maupun internasional.
- e) Menjaga kondisi instrumen ukur agar tetap sesuai spesifikasinya.

Pada saat melakukan kalibrasi menggunakan *Infusion Device Analyzer*, mengacu pada beberapa poin pada ECRI 416-0595, yaitu :

1. Simpangan pengukuran laju aliran yang diperbolehkan menurut ECRI adalah $\pm 5\%$ untuk pasien kritis dan $\pm 10\%$ pada pasien umum.
2. Menggunakan *setting* kecepatan aliran 10, 50 dan 100 ml/jam pada *syringe pump* dan *infusion pump*

2.2.5 Metode kalibrasi infusion pump

Metode kerja ini dimaksudkan untuk melakukan kalibrasi dan atau pengujian secara langsung (*direct calibration*) pada Infusion pump, dengan cara melakukan pemeriksaan fisik, pengujian fungsi, Pengujian Keselamatan listrik, Uji Kemampatan (*Occlusion test*) dan Pengukuran Kinerja (Kalibrasi *Flow Rate* dan Total Volume) [16].

Metode kerja ini dimaksudkan untuk melakukan pengujian dan/atau kalibrasi Syringe Pump dengan rentang ukur sebagai berikut [17]:

Kegiatan pengujian dan kalibrasi diawali dengan proses pengujian, yang mencakup pemeriksaan fisik, evaluasi fungsi, pemeriksaan keselamatan listrik, serta uji kemampuan atau *occlusion test* pada rentang 1 hingga 45 psi. Setelah itu dilakukan proses kalibrasi yang berfokus pada pengukuran laju aliran dengan rentang 1 hingga 500 ml/jam. Seluruh rangkaian kegiatan memerlukan seperangkat alat ukur seperti *infusion device analyzer*, infus set sesuai merek pompa infus, aquades, selang, *thermohygrometer*, serta *safety analyzer*.

Pengujian dilakukan dalam kondisi lingkungan terkendali, yaitu suhu ruangan sekitar $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, kelembaban $55\% \text{ RH} \pm 20\% \text{ RH}$, dan tegangan jala-jala $220 \text{ V} \pm 10\%$. Sebelum pelaksanaan, seluruh dokumen kerja dipersiapkan, termasuk metode kerja, instruksi kerja, lembar kerja, dan label. Alat yang akan diuji atau dikalibrasi dipastikan lengkap aksesorinya, kemudian alat ukur seperti *safety analyzer*, *infusion device analyzer*, dan *thermohygrometer* disiapkan sesuai prosedur. Data administrasi perangkat yang diuji dicatat pada lembar kerja, meliputi identitas penguji, nama alat, merek, model, nomor seri, ruangan, tanggal pelaksanaan, dan identitas fasilitas pelayanan kesehatan atau pelanggan. Kondisi lingkungan juga diukur dan dicatat menggunakan *thermohygrometer*, baik sebelum maupun setelah pekerjaan selesai.

Pemeriksaan fisik dan fungsi terhadap pompa infus dilakukan dengan mengamati kondisi badan dan permukaan alat untuk memastikan semuanya bersih, terpasang dengan benar, serta bebas dari tumpahan cairan atau kerusakan. Kontak daya AC diperiksa untuk memastikan tidak ada gangguan dan posisi konektor stabil sehingga aman digunakan. Kabel utama harus berada dalam kondisi baik tanpa kerusakan fisik atau isolasi terkelupas. Komponen pengaman seperti sekring diperiksa untuk memastikan nilai tahanan dan tipenya sesuai spesifikasi serta berfungsi dengan benar. Tombol, saklar, dan kontrol lain diperiksa kestabilan posisinya dan konsistensi pengaturannya. Selain itu, lampu indikator dan tampilan digital harus berfungsi normal sehingga informasi dapat terbaca jelas selama pengujian.

Seluruh pemeriksaan keselamatan listrik dilakukan dengan mengacu pada Metode Kerja Pengujian Keselamatan Listrik Nomor MK 001 untuk memastikan pemenuhan standar proteksi yang berlaku.

A. Pengujian Kinerja

1. Persiapan Infusion pump dan *Infusion Device Analyzer*.
2. Persiapan Infusion Set dan tiang Infuse.
3. Set botol Infuse yang terisi aquades dan *IV tube* yang sesuai dengan *Infusion pump* tersebut. Buka *roller clamp* pada *IV tube* sampai air menetes (seluruh *IV tube* terisi air dan tanpa gelembung udara) kemudian ditutup.
4. Pemasangan *IV tube* pada *Infusion pump* seperti pada Gambar 2.4, pengaturan *Infusion pump* hingga siap untuk dioperasikan, buka *Roller clamp IV tube*, uji coba *flow rate*.



Gambar 2. 4 Pemasangan *Infusion Set (IV tube)* dengan *Infusion pump*

5. Persiapan *Infusion Device Analyzer* dan hubung kabel catu daya utama.
6. Pengoperasian *Infusion Device Analyzer* sesuai Instruksi Kerja *Infusion Device Analyzer* sehingga siap digunakan.
7. Pengaturan *Infusion Set* dan *Infusion pump* dengan *Infusion Device Analyzer* seperti Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Setting *Infusion Set* dan *Infusion pump* dengan *Infusion Device Analyzer*

8. Uji Kemampatan/*Occlusion test* (psi)
 - A. Pada *Infusion pump* setting laju aliran (*flow rate*) 100 ml/h.
 - B. Pada *Infusion Device Analyzer* posisi dalam mode pengukuran *Occlusion test*.
 - C. Memulai pengujian pada *Infusion pump* dan *Infusion Device Analyzer* untuk memulai proses uji kemampatan (*Occlusion test*).
 - D. Setelah *alarm Infusion pump* berbunyi hentikan pengujian pada *Infusion Device Analyzer* dan *Infusion pump*.
 - E. Pencatatan nilai *Occlusion test* maksimal yang terbaca pada *Infusion Device Analyzer* pada lembar kerja
 - F. Perulangan langkah nomor 1 s.d nomor 5 sebanyak 6 kali data.
9. Kalibrasi Laju Aliran / *Flow Rate* (ml/h).
 - A. Pada *Infusion pump* pengukuran setting laju aliran (*flow rate*) 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 ml/h dan 300 ml/h masing-masing dengan Total volume 500 ml.
 - B. Untuk pengukuran laju aliran (*flow rate*) 10 ml/h, pada *Infusion pump* setting laju aliran (*flow rate*) sebesar 10 ml/h, pada *Infusion Device Analyzer* pilih menu *flow rate*.
 - C. Memulai pengujian pada *Infusion pump* dan *Infusion device Analyzer* untuk memulai proses kalibrasi *flow rate*.

- D. Setelah pembacaan pada *Infusion Device Analyzer* menunjukkan kestabilan (bisa dilihat di mode grafik), pencatatan penunjukan *Average Flow Rate* pada *Infusion Device Analyzer* dan catat pada lembar kerja sebagai data ke 1 (satu).
- E. Pengambilan data ke 2 (dua) s.d ke 6 (enam) dilakukan secara berurutan setelah nilai *Average Flow Rate* berubah dengan interval waktu tertentu untuk tiap datanya
- F. Setelah 6 (enam) data diperoleh hentikan pengujian pada *Infusion pump* dan *Infusion Device Analyzer*.
- G. Perulangan langkah nomor 2 (dua) s.d nomor 6 (enam) diatas untuk *setting flow rate* 10ml/h, 50 ml/h,100 ml/h, 200ml/h dan 300 ml/h.
- B. Telaah Teknis
- Analisa Data & Perhitungan Ketidakpastian
Mengacu pada MK Perhitungan dan Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran Nomor MK 002
- A. Pengujian *Occlusion (psi)*
- Model matematis
Metode pengujian adalah *direct calibration* (kalibrasi langsung),

$$P_A = P_{Std}$$
 dimana :

$$P_A = \text{Pressure Alat}$$

$$P_{Std} = \text{Pembacaan Pressure pada Standar}$$
 - Analisa Perhitungan Ketidakpastian
Ketidakpastian pengukuran berasal dari beberapa sumber. Untuk Tipe A, ketidakpastian diperoleh melalui pengamatan berulang terhadap standar, dengan koefisien sensitivitas sebesar 1 dan derajat kebebasan untuk enam kali pengukuran bernilai 5. Sementara itu, Tipe B mencakup ketidakpastian yang berasal dari nilai ketidakpastian standar pada sertifikat kalibrasi, resolusi alat ukur, serta drift standar. Koefisien sensitivitas ditentukan berdasarkan model matematis sebelumnya, di mana turunan pertama dari model tersebut bernilai 1. Adapun derajat

kebebasan pada masing-masing sumber ketidakpastian Tipe B dihitung menggunakan tingkat reliabilitas 10, sehingga diperoleh nilai derajat kebebasan sebesar 50. Setelah semua komponen diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menghitung ketidakpastian gabungan, derajat kebebasan efektif, dan ketidakpastian bentangan (*expanded uncertainty*).

B. Kalibrasi Laju Aliran rata rata /Flow Rate (ml/h)

1. Model matematis

A. Metode pengujian adalah *direct calibration* (kalibrasi langsung),

$$C = f_{std} - f_{uut} \quad (2.1)$$

Dimana,

C : Koreksi penunjukan *flow* pada UUT

f_{std} : Nilai *flow* yang terukur pada *standard*

f_{uut} : Nilai *flow* yang ditampilkan oleh UUT

B. Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \quad (2.2)$$

dimana :

$\bar{x}$ = nilai rata-rata pengukuran

x_i = nilai acak data pengukuran $x_1, x_2, \dots, x_i$

n = jumlah data yang diambil

$$C = n_{std} - n_{uut} \quad (2.3)$$

Dimana,

C : Nilai koreksi pada UUT

n_{std} : Nilai pembacaan yang terukur pada *standard*

n_{uut} : Nilai pembacaan yang ditampilkan oleh UUT

D. Standar Deviasi (Stdev)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (2.4)$$

dimana : σ = *standard deviasi*

E. Rata-Rata Terkoreksi

Nilai rata-rata yang telah dikalibrasi dengan faktor koreksi dari standar yaitu :

1. 10 ml/jam + 0.02
2. 50 ml/jam + 0.24
3. 100 ml/jam + 0.52,
4. 200 ml/jam + 1.03
5. 300 ml/jam + 1.55

Proses koreksi mengikuti persamaan:

$$\bar{x}_{\text{terkoreksi}} = \bar{x} + \text{koreksi_standar} \quad (2.5)$$

F. Koreksi

Selisih antara nilai setting dengan rata-rata terkoreksi:

$$\text{Koreksi} = \bar{x}_{\text{terkoreksi}} - \text{nilai_setting} \quad (2.6)$$

2. Analisa Perhitungan Ketidakpastian

Ketidakpastian pengukuran berasal dari beberapa sumber. Untuk Tipe A, ketidakpastian diperoleh melalui pengamatan berulang terhadap standar, dengan koefisien sensitivitas sebesar 1 dan derajat kebebasan untuk enam kali pengukuran bernilai 5. Sementara itu, Tipe B mencakup ketidakpastian yang berasal dari nilai ketidakpastian standar pada sertifikat kalibrasi, resolusi alat ukur, serta drift standar. Koefisien sensitivitas ditentukan berdasarkan model matematis sebelumnya, di mana turunan pertama dari model tersebut bernilai 1. Adapun derajat kebebasan pada masing-masing sumber ketidakpastian Tipe B dihitung menggunakan tingkat reliabilitas 10, sehingga diperoleh nilai derajat kebebasan sebesar 50. Setelah semua komponen diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menghitung ketidakpastian gabungan, derajat kebebasan efektif, dan ketidakpastian bentangan (*expanded uncertainty*).

2. Nilai ambang batas dan nilai penyimpangan (toleransi) yang diizinkan

Tabel 2.1 memaparkan *uncertainty budget* yang menggambarkan sumber-sumber Ketidakpastian dalam proses pengukuran beserta cara perhitungannya. Terdapat empat komponen utama yang dianalisis, yaitu

pengukuran berulang, sertifikat standar, resolusi, dan *drift*. Pengukuran berulang diasumsikan berdistribusi normal dengan Ketidakpastian standar dihitung dari simpangan baku hasil pengukuran dibagi akar jumlah pengulangan. Sertifikat standar juga mengikuti distribusi normal, dengan nilai Ketidakpastian diperoleh dari Ketidakpastian sertifikat yang dibagi dengan faktor cakupan (*coverage factor*, *k*) [18]. Sementara itu, resolusi dan *drift* instrumen dianggap memiliki distribusi *rectangular*, sehingga masing-masing dibagi dengan akar tiga untuk mendapatkan Ketidakpastian standarnya. Dengan demikian, Tabel ini merangkum kontribusi tiap komponen terhadap total Ketidakpastian pengukuran, sekaligus menunjukkan metode matematis yang digunakan dalam perhitungannya.

Tabel 2. 1 Uncertainty Budget

No	Komponen	Distribusi	U	Pembagi	ui
1.	Pengukuran Berulang	Normal	σ	$\sqrt{n}$	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
2.	Sertifikat Standar	Normal	$U_{\text{Sertf stand}}$	<i>k</i>	$\frac{U_{\text{Sertstd}}}{k}$
3.	Resolusi	<i>Rectangular</i>	U_{resolusi}	$\sqrt{3}$	$\frac{U_{\text{res}}}{\sqrt{3}}$
4	Drift	<i>Rectangular</i>	U_{drift}	$\sqrt{3}$	$\frac{U_{\text{drift}}}{\sqrt{3}}$

- Evaluasi hasil pengujian keselamatan listrik, mengacu pada MK Pengujian Keselamatan Listrik Nomor MK 00.
- Evaluasi hasil pengujian kinerja

Tabel 2. 2 Nilai toleransi untuk tiap parameter pengujian kinerja

No.	Parameter	Toleransi
1.	Occlusion test (psi)	≤ 20 psi
2.	Flow Rate (ml/h)	± 10 %

Tabel 2.2 menampilkan nilai toleransi yang digunakan sebagai acuan dalam evaluasi hasil pengujian kinerja infusion pump produk dalam negeri.

Parameter yang diuji meliputi *occlusion test* dengan batas toleransi maksimum ≤ 20 psi serta *flow rate* dengan toleransi $\pm 10\%$. Kedua parameter ini dipilih karena berhubungan langsung dengan aspek keselamatan pasien dan akurasi pemberian cairan medis [19].

3. Telaah teknis dan Kesimpulan Telaah teknis

- a) Melakukan telaah teknis berdasarkan kondisi fisik dan fungsi alat
- b) Melakukan Telaah Teknis keselamatan listrik berdasarkan hasil pengujian keselamatan listrik mengacu pada MK pengujian keselamatan listrik Nomor MK 001
- c) Melakukan telaah teknis pengujian kinerja berdasarkan Prosedur Pernyataan Kesesuaian dan Aturan Keputusan Nomor PO.002 dengan penjelasan sebagai berikut :

Pengukuran Kinerja :

- 1) $\geq 70\%$ dari titik pengukuran dalam batas toleransi, maka hasilnya adalah memenuhi persyaratan
- 2) $< 70\%$ dari titik pengukuran dalam batas toleransi, maka hasilnya adalah tidak memenuhi persyaratan.

Tabel 2. 3 Telaah teknis

Parameter Kinerja	Telaah teknis pengujian kinerja
Seluruh Parameter Kinerja masuk dalam batas toleransi	Memenuhi Persyaratan
Salah satu Parameter Kinerja diluar batas toleransi	Tidak Memenuhi Persyaratan

Tabel 2.3 menunjukkan hasil telaah teknis pengujian kinerja *infusion pump* berdasarkan parameter yang diuji. Jika seluruh parameter kinerja berada dalam batas toleransi, maka alat dinyatakan memenuhi persyaratan. Sebaliknya, apabila terdapat salah satu parameter yang berada di luar batas toleransi, maka *infusion pump* dinyatakan tidak memenuhi persyaratan [3].

- d) Batas Koreksi atau kesalahan relatif dan Ketidakpastian

Harga mutlak nilai koreksi ditambah dengan harga mutlak nilai Ketidakpastian pengukuran adalah lebih kecil/sama dengan nilai toleransi ($|C| + |U| \leq \text{toleransi}$)

4. Kesimpulan

a) Pernyataan kesesuaian diberikan dengan bobot perhitungan sebagai berikut :

1. Hasil pemeriksaan fisik dan fungsi memberikan kontribusi 10 % dari pernyataan
2. Hasil pengujian keselamatan listrik memberikan kontribusi 40 % dari pernyataan.
3. Hasil pengukuran atau uji kinerja memberikan kontribusi 50 % dari pernyataan

b) Pernyataan akhir dari kesesuaian dinyatakan dengan LAIK PAKAI dan ketidaksesuaian dinyatakan dengan TIDAK LAIK PAKAI.

c) Pernyataan LAIK PAKAI diberikan bila hasil atau skor akhir sama dengan atau melampaui 70 % dan pernyataan TIDAK LAIK PAKAI bila hasil atau skor akhir dibawah 70 %

d) Penempelan label hijau jika alat dinyatakan laik pakai dan label merah jika alat dinyatakan tidak laik pakai.

5. Pengecekan Kenormalan Operasional Alat Sebelum Dikembalikan ke User

- A. Pengecekan Kelengkapan Aksesoris Alat
- B. Pengecekan Fungsi alat yang diuji/kalibrasi

6. Pengembalian alat yang diuji/kalibrasi dan Pengemasan Alat standar

- A. Perapihan alat yang diuji/kalibrasi
- B. Perapihan Alat standar

BAB III METODE PENELITIAN

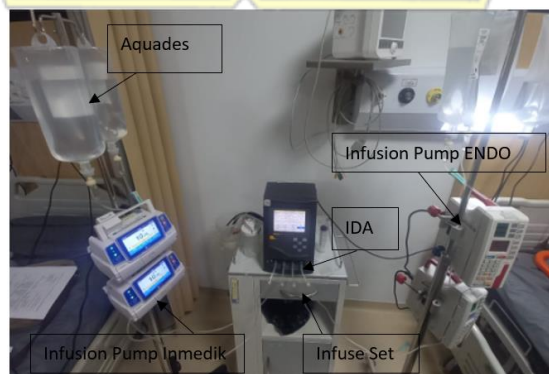
Pada bab ini akan menjelaskan tentang metode penelitian, kerangka konsep sampel dan instrumen dalam penelitian, waktu dan tempat penelitian, teknik pengumpulan data serta metode analisis data.

3.1. Metode Penelitian

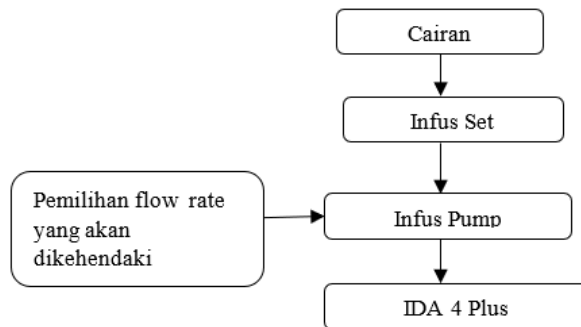
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan deskriptif kuantitatif dengan mengamati serta membandingkan hasil pengukuran dengan standar yang sudah ada. Pengukuran dilakukan dengan pengambilan data primer pada TKDN 1 merk 2 unit alat yang berbeda merk, serta 1 unit alat kalibrator (*Infuse Device Analyzer*). Penulis akan melakukan pengujian kalibrasi pada setting *occlusion* sebanyak 3 kali pengambilan data dan untuk pengujian *flow rate* dilakukan setting pada unit infusion pump 10, 50, 100, 200 dan 300 ml/jam masing – masing setting dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali pengambilan data.

3.2. Perencanaan Pengukuran

Pengukuran merupakan cara untuk mengetahui atau menentukan nilai suatu besaran dengan membandingkannya terhadap standar atau satuan yang telah ditetapkan. Di dalam pengukuran unit infusion pump diperlukan unit *Infuse device analyzer* agar bisa mengetahui besaran yang diinginkan dan ketahuinya.



Gambar 3. 1 Pengukuran *Infuse pump*

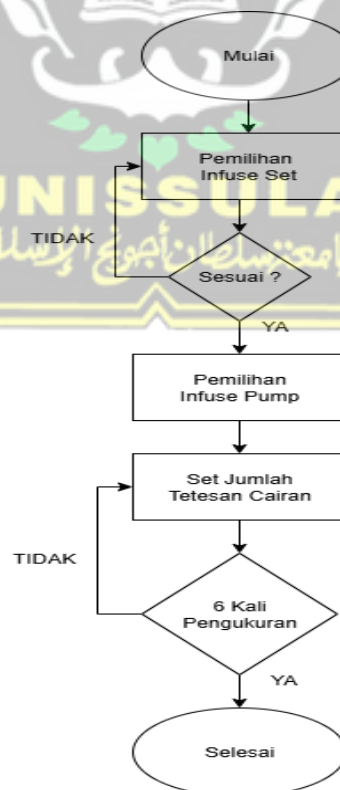


Gambar 3. 2 Diagram Blok Pengukuran

Dari cairan yang terdapat di atas tiang infus akan masuk ke infus set kemudian aliran diatur dengan unit *Infuse pump*, *flow rate* diatur sesuai kebutuhan pasien. *Output* dari *Infuse pump* akan masuk ke *Infuse device analyzer*. Pada *Infuse device analyzer* (IDA 5 plus) akan dibaca *flowrate* yang akan dikeluarkan oleh *infusion pump* [20].

3.3. Perencanaan Diagram alir flow rate

Perencanaan dalam pengambilan *flow rate* pada unit *Infuse pump* seperti Gambar 3.3.

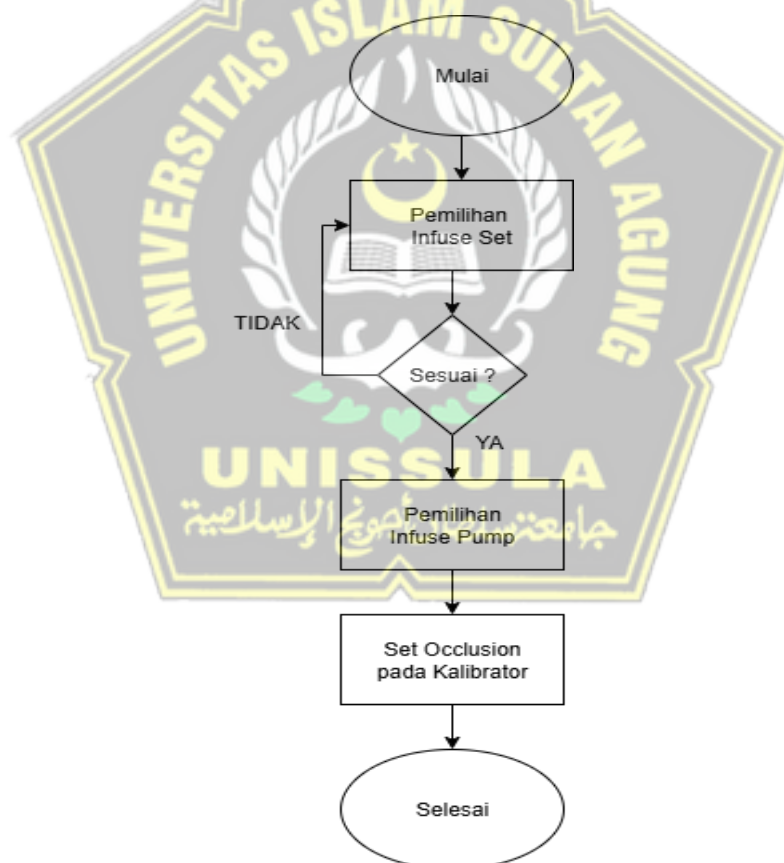


Gambar 3. 3 Diagram Alir flow rate

Pertama pilih infus set yang akan digunakan jika sudah maka lanjut ke tahap selanjutnya yakni pemilihan *Infuse pump*. Tetapi ketika belum, harus memilih dulu infus set yang akan digunakan. Ketika masuk ke tahap pemilihan infus pump maka setelah itu set jumlah tetesan/cairan pada *Infuse pump* yang dipilih. Kemudian masuk ke alat kalibrator sebagai pengukur output dari *Infuse pump* telah sesuai atau belum dengan 6 kali pengukuran data. Kemudian hasil akan muncul, jika telah sampai ke 6 kali pengukuran maka akan selesai jika belum maka akan kembali ke set jumlah tetesan.

3.4. Perencanaan diagram alir occlusion

Perencanaan dalam pengambilan *occlusion* pada unit *Infuse pump* seperti Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Occlusion

Pengujian occlusion pada unit *infusion pump* diawali dengan pemilihan infus set yang akan digunakan dalam pengujian. Infus set yang dipilih merupakan produk dalam negeri (TKDN) dan harus sesuai dengan spesifikasi *infusion pump*

yang akan diuji. Setelah infus set dinyatakan kompatibel, langkah berikutnya adalah pemilihan infusion pump TKDN yang akan digunakan dalam proses pengujian, dimana dalam penelitian ini tersedia empat unit dengan merek berbeda. Selanjutnya, *infusion pump* yang telah dipilih dihubungkan dengan alat kalibrator *Infusion Device Analyzer* (IDA), kemudian dilakukan pengaturan mode pengujian *occlusion* pada kalibrator. Setelah semua komponen terpasang dan terkonfigurasi dengan benar, proses pengujian *occlusion* dapat dilaksanakan dan hasilnya dicatat. Apabila seluruh tahapan telah selesai dilaksanakan, maka prosedur pengambilan data *occlusion* dianggap tuntas.

3.5. Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini, metode pengambilan data yang dilakukan oleh penulis adalah pengambilan data primer, dokumentasi. Penulis menggunakan metode data primer, yaitu dengan melakukan pengukuran kinerja *Infusion pump* pada parameter *flow rate* dan *occlusion*. Penulis menggunakan *infusion pump* produksi dalam negeri dimana dengan 4 merk yang berbeda dengan tujuan dapat diketahui mana *infusion pump* yang paling akurat dalam pengukuran.

Setiap *infusion pump* diuji pada lima titik laju aliran (10, 50, 100, 200 dan 300 ml/h) dengan enam pengulangan per titik untuk memastikan reliabilitas data seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1. Prosedur pengujian mengacu pada standar PO.002-18 dengan toleransi kesalahan maksimal $\pm 10\%$.

Tabel 3. 1 Tabel Pengambilan Data

Setting Alat	Penunjukkan Standar (ml/h)					
(ml/h)	1	2	3	4	5	6
10	n1	n2	n3	n4	n5	n6
50	n1	n2	n3	n4	n5	n6
100	n1	n2	n3	n4	n5	n6
200	n1	n2	n3	n4	n5	n6
300	n1	n2	n3	n4	n5	n6

Dalam satu titik ukur dilakukan pengambilan data sebanyak 6 kali pengulangan. Hasil dari pengukuran tersebut akan diolah untuk dianalisis untuk nilai koreksi, tingkat akurasi dan status laik pakai atau tidak laik pakai. Setelah pengambilan data penulis melakukan pengolahan dengan mengamati dan

membandingkan hasil pengukuran dengan standar yang sudah ada. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel*.

3.6. Instrumen Penelitian

3.6.1. Lembar Kerja Sesuai Metode Kerja FASYANKES dengan nomor: HK.02.02/V/0412/2020

a) Pendataan Alat

1) Data alat yang akan diuji

Tabel 3.2 memuat pendataan alat yang akan diuji, meliputi informasi nama alat, merek, tipe, nomor seri, serta lokasi penggunaan sebagai identitas dasar dalam proses pengujian.

Tabel 3. 2 Pendataan Alat

Nama Alat		
Merek		
Tipe		
Nomor Seri		
Lokasi		

2) Alat ukur yang digunakan

Tabel 3.3 menampilkan daftar alat ukur yang digunakan dalam pengujian, yaitu *Infuse Device Analyzer* dan *Thermohygrometer* sebagai instrumen utama untuk memastikan ketelitian pengukuran

Tabel 3. 3 Alat Ukur

Nama Alat	Merek	Tipe/Model	No. Seri
<i>Infuse Device Analyzer</i>			
<i>Thermohygrometer</i>			

b) Pelaksanaan Pengambilan data

Tabel 3.4 berisi data pelaksanaan pengambilan data yang mencakup informasi tempat atau ruangan pengujian, nama petugas yang melakukan pengambilan data, serta tanggal pelaksanaan sebagai dokumentasi formal.

Tabel 3. 4 Pelaksanaan Pengambilan Data

a. Tempat/ Ruang		
b. Nama Petugas		
c. Tanggal		

c) Kondisi Ruangan

Tabel 3.5 menggambarkan kondisi ruangan saat pengujian berlangsung, meliputi parameter suhu dan kelembapan pada awal serta akhir pengujian, yang kemudian dibandingkan dengan nilai toleransi yang dipersyaratkan untuk menjamin validitas hasil pengukuran.

Tabel 3. 5 Kondisi Ruangan

Parameter	Terukur		Toleransi
	Awal	Akhir	
Suhu Ruangan			20 °C ± 25 °C
Kelembapan			55% ± 20 %

b) Pengukuran Kinerja

Dalam pengambilan data pengukuran kinerja penulis melakukan pengambilan data dengan titik ukur seperti yang tertuang dalam metode kerja pengujian dan kalibrasi alat kesehatan yang diterbitkan [17] oleh DIRJEN FASYANKES dengan Nomor: HK.02.02/V/0412/2020.

Tabel 3.6 menyajikan hasil pengambilan data untuk uji kemampuan (*occlusion test*), di mana tekanan yang dihasilkan pada laju alir tertentu dibandingkan dengan standar, dengan ambang batas yang ditetapkan sebesar ≤ 20 psi.

Tabel 3. 6 Pengambilan Data

Uji Kemampuan (psi)				
Setting ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100				≤ 20 psi

Tabel 3.7 menunjukkan hasil uji laju cairan rata-rata per jam (*flow rate test*) pada berbagai penunjukan alat (10, 50, 100, 200, dan 300 ml/jam). Data pengukuran dari enam kali pengulangan dibandingkan dengan standar, dengan ambang batas deviasi yang diperbolehkan sebesar $\pm 10\%$.

Tabel 3. 7 laju cairan rata – rata per jam

Penunjukan alat ml/jam	Terukur pada standar						Ambang batas
	I	II	III	IV	V	VI	
10							$\pm 10 \%$
50							
100							
200							
300							

3.7. Metode Analisis Data

Dalam melakukan analisis data, penulis menggunakan metode kuantitatif deskriptif. Dimana cara penafsiran dan pengambilan kesimpulan berdasarkan pengumpulan data yang telah diperoleh sebelumnya melalui pengujian dan penganalisisan yang dilakukan. Tahap awal analisis data adalah dengan pengelompokan data yang telah diperoleh. Setelah di kelompokkan, data tersebut diolah dan di analisis. Sehingga dari pengolahan data tersebut dapat ditarik kesimpulan. Setelah melakukan pengambilan data, penulis akan mengolah data dengan menggunakan rata-rata tekanan setiap pengambilan data, nilai standar deviasi kemudian penulis akan mengambil data menggunakan tabel sebagai berikut:

Tabel 3. 8 Ketidakpastian Pengukuran

Setting Alat (ml/h)	Rata-Rata	Rata-Rata Terkoreksi	Koreksi	STDEV
10	n1	n2	n3	n4
50	n1	n2	n3	n4
100	n1	n2	n3	n4
200	n1	n2	n3	n4
300	n1	n2	n3	n4

Tabel 3.8 disusun untuk menganalisis akurasi laju alir berdasarkan data hasil pengukuran standar pada masing-masing setting alat (10, 50, 100, 200 dan 300 ml/h). Pengisian setiap kolom dalam Tabel ini didasarkan pada perhitungan statistik sebagai berikut:

A. Rata-Rata

Merujuk pada Tabel 4.4-4.11 Nilai *mean* dari enam pengukuran berulang pada setiap setting laju aliran, dihitung menggunakan persamaan 2.2.

B. Rata-Rata Terkoreksi

Nilai rata-rata yang telah dikalibrasi dengan faktor koreksi dari standar dengan persamaan 2.5.

C. Koreksi

Selisih antara nilai setting dengan rata-rata terkoreksi dihitung dengan persamaan 2.6

D. Standar Deviasi (STDEV)

Ukuran dispersi data pengukuran berulang, dihitung dengan persamaan 4. Sehingga Merujuk pada hasil pengukuran maka penulisan rumus *excel* memakai *syntax* “=STDEV(n1+n2+n3+n4+n5+n6)”

1. Budget Ketidakpastian Pengukuran Aliran

Tabel 3. 9 Hasil Budget Ketidakpastian Pengukuran Aliran

No.	Komponen	Satuan	Distribus	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang		Normal								
2	Sertifikat alat ukur		t-Student								
3	Resolusi		Segi-4								
4	Drift		Segi-4								
Jumlah											
Ketidakpastian baku gabungan, Uc											
Derajat kebebasan efektif, V eff											
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan											
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc											

Berdasarkan dari Tabel 3.9 Hasil Budget Ketidakpastian Pengukuran Aliran adalah :

A. Komponen Ketidakpastian (U):

1. U1: Ketidakpastian dari pengukuran berulang, diperoleh dari hasil simpangan baku (STDEV) pada setting 10 ml/jam.
2. U2: Ketidakpastian dari sertifikat alat ukur, sebesar 0,14.
3. U3: Ketidakpastian dari resolusi alat, sebesar 0,1.
4. U4: Ketidakpastian akibat *drift*, dihitung sebesar 10% dari U2 (sertifikat alat ukur).

B. Pembagi (untuk menghitung ui dari U):

1. P1: Untuk pengukuran berulang, pembaginya adalah $\sqrt{6}$.
2. P2: Untuk sertifikat alat ukur, pembaginya adalah 2.
3. P3: Untuk resolusi, pembaginya adalah $\sqrt{3}$.
4. P4: Untuk *drift*, pembaginya juga $\sqrt{3}$.

C. Perhitungan nilai ui (Ketidakpastian gabungan dari tiap komponen):

1. $ui1 = U1 / \sqrt{6}$
2. $ui2 = U2 / 2$
3. $ui3 = (U3 \times 0.5) / \sqrt{3}$
4. $ui4 = U4 / \sqrt{3}$

D. Derajat kebebasan (vi) untuk tiap komponen:

1. vi1: Pengukuran berulang = 5 (n-1 dari 6 pengukuran)
2. vi2: Sertifikat alat ukur = 50
3. vi3: Resolusi = 50
4. vi4: *Drift* = 50

E. Koefisien sensitivitas (ci):

1. Seluruh komponen (c_{i1} – c_{i4}) memiliki nilai koefisien sensitivitas sebesar 1.

F. Perhitungan kontribusi Ketidakpastian (u_{ici}):

1. $u_{ici1} = u_{i1} \times c_{i1}$
2. $u_{ici2} = u_{i2} \times c_{i2}$
3. $u_{ici3} = u_{i3} \times c_{i3}$
4. $u_{ici4} = u_{i4} \times c_{i4}$

G. Kuadrat dari masing-masing kontribusi (u_{ici}^2):

1. $u_{ici1}^2 = (u_{ici1})^2$
2. $u_{ici2}^2 = (u_{ici2})^2$
3. $u_{ici3}^2 = (u_{ici3})^2$
4. $u_{ici4}^2 = (u_{ici4})^2$

H. Perhitungan u_{ici}^4 dibagi v_i :

1. u_{ici1}^4 / v_{i1}
2. u_{ici2}^4 / v_{i2}
3. u_{ici3}^4 / v_{i3}
4. u_{ici4}^4 / v_{i4}

I. Perhitungan Ketidakpastian Gabungan

1. U (jumlah kuadrat kontribusi Ketidakpastian) :

$$U = u_{ici1}^2 + u_{ici2}^2 + u_{ici3}^2 + u_{ici4}^2$$
2. V (jumlah kuadrat pangkat empat dibagi v_i) :

$$(u_{ici}^4 / v_i) = (U_{ici1}^4 / V_{i1}) + (U_{ici2}^4 / V_{i2}) + (U_{ici3}^4 / V_{i3}) + (U_{ici4}^4 / V_{i4})$$
3. (W): Ketidakpastian baku gabungan :

$$u_c = \sqrt{U}$$
4. (X): Derajat kebebasan efektif :

$$(v_{eff}) = (W^4) / V$$
5. (Y): Faktor cakupan (k) untuk derajat kebebasan tersebut pada tingkat kepercayaan 95% : 2
6. (Z): Ketidakpastian diperluas (*Expanded Uncertainty*) :

$$U = k \times u_c = W \times Y$$

Selain itu, kriteria lain yang digunakan adalah nilai mutlak koreksi ditambah dengan nilai mutlak Ketidakpastian pengukuran harus lebih kecil dari atau sama dengan nilai toleransi yang telah ditentukan. Dalam konteks pengukuran *flowmeter*, nilai toleransi yang digunakan adalah sebesar $\pm 10\%$.

Dengan kata lain, keberhasilan suatu pengujian tidak hanya ditentukan oleh persentase jumlah titik ukur yang berada dalam batas toleransi, tetapi juga oleh kesesuaian nilai koreksi dan Ketidakpastian pengukuran terhadap standar yang berlaku. Hal ini penting untuk memastikan bahwa hasil pengujian memiliki tingkat keandalan yang tinggi serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah maupun regulatif. Penerapan aturan ini juga memberikan kepastian bagi pihak rumah sakit maupun produsen peralatan medis bahwa infus pump yang diuji benar-benar memenuhi standar kinerja yang dipersyaratkan.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data Penelitian

A. Karakteristik *Unit Under Test* (UUT).

Tabel 4.1 menampilkan pendataan alat yang menjadi *Unit Under Test* (UUT) dalam penelitian, yang terdiri dari delapan unit *infusion pump* produk dalam negeri dengan merek berbeda, yaitu Endo, ESA Tech, Inmedik, dan Krisma Care. Setiap unit dicatat berdasarkan tipe, nomor seri, serta jenis infus set yang digunakan, yaitu Nipro.

Tabel 4. 1 Pendataan Alat

Merek	Tipe	Nomor Seri	Infus set
Endo	EI-IP	E11PIP21220671	NIPRO
Endo	EI-IP	E11PIP21220667	NIPRO
ESA TECH	INP – 100	IP101B03-0500	NIPRO
ESA TECH	INP – 100	IP101B03-0507	NIPRO
INMEDIK	IPS	KMI231004-IPS00801	NIPRO
INMEDIK	IPS	KMI231004-IPS00841	NIPRO
KRISMA CARE	KIP 01	2409014101-KIP	NIPRO
KRISMA CARE	KIP 01	2409010101-KIP	NIPRO

B. Kondisi Lingkungan Pengujian



Gambar 4. 1 Proses Pengujian

Kondisi ruangan seperti kelembaban dan suhu dari ruangan tempat menjadi salah satu aspek penting dalam pencatatan data pada lembar kerja,

karena kondisi ruangan akan mempengaruhi kinerja alat ukur dan juga alat yang diukur yaitu *infusion pump* itu sendiri. Untuk itu sebelum melakukan penelitian sangat penting untuk dilakukan pengecekan kondisi ruangan

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Kondisi Lingkungan

No	Parameter	Terukur			
		Awal :		Akhir:	
1	Temperatur ruangan	21.8	°C	20.8	°C
2	Kelembaban ruangan	62.7	%	62.5	%

Tabel 4.2 menjelaskan tentang kondisi ruangan pada saat pengukuran *infusion pump* TKDN, dimana menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban tidak melebihi toleransi yang telah ditetapkan, maka pengukuran dapat dilakukan di ruangan tersebut. Untuk kondisi ruangan saat pengukuran *infusion pump* pembandingan/komparasi terdapat pada lampiran

C. Spesifikasi Alat Ukur Standar

Pengukuran kinerja *infusion pump* dilakukan menggunakan:

1. *Infusion Device Analyzer* pada gambar 4.2 (Merk: Fluke, Model: IDA 5, No. Seri: 3163903) dengan Ketidakpastian diperluas (U95) 0,14 mL/jam.



Gambar 4. 2 Infusion Device

2. *Termohygrometer* pada gambar 4.3 (Merk: GREISINGER, Model: GFTB 200, No. Seri: 34904090) dengan akurasi $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 2,7\%$ untuk kelembaban.



Gambar 4. 3 *Thermohygrometer*

Alat-alat tersebut telah terkalibrasi dan tertelusur ke Sistem Satuan Internasional (SI) melalui sertifikat kalibrasi yang valid, sehingga memenuhi persyaratan metrologi legal.

4.2 Hasil Pengukuran Kinerja

A. Infusion pump Endo 1

Tabel 4. 3 Pengukuran Endo 1 *occlusion test*

Setting tekanan pada alat ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100	17.6	19.3	18.3	≤ 20 psi

Pada tabel 4.3 merupakan Hasil uji kemampatan (*occlusion test*) Endo 1 pada laju alir 100 ml/h menunjukkan tekanan terukur sebesar 17,6; 19,3; dan 18,3 psi, yang masih berada di bawah ambang batas ≤ 20 psi sehingga memenuhi persyaratan.

Tabel 4. 4 Pengukuran Endo 1 *flow rate test*

Setting Alat	Penunjukkan Standar (ml/h)					
(ml/h)	1	2	3	4	5	6
10	10.9	10.91	10.93	10.91	10.93	10.93
50	54.9	54.92	54.87	54.87	54.8	54.8
100	109.07	109.08	109.12	109.1	109.05	109.05
200	216.40	216.43	216.50	216.51	216.41	216.41
300	323.72	323.78	323.88	323.91	323.76	323.76

Tabel 4.4 menyajikan hasil pengukuran pada uji laju alir dengan variasi setting 10–300 ml/h, nilai hasil pengukuran standar dari enam kali pengulangan berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$ terhadap nilai yang diset. Hal ini menunjukkan bahwa *infusion pump* Endo unit pertama memiliki kinerja yang sesuai standar dan layak digunakan.

B. Infusion pump Endo 2

Tabel 4. 5 Pengukuran Endo 2 *occlusion test*

Setting tekanan pada alat ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100	27.00	29.00	29.24	≤ 20 psi

Pada tabel 4.5 Pada uji kemampuan Endo 2 dengan laju alir 100 ml/h, diperoleh nilai tekanan sebesar 27,00; 29,00; dan 29,24 psi, yang melebihi ambang batas ≤ 20 psi, sehingga alat dinyatakan tidak memenuhi persyaratan pada parameter ini.

Tabel 4. 6 Pengukuran Endo 2 *flow rate test*

Setting Alat	Penunjukkan Standar (ml/h)					
(ml/h)	1	2	3	4	5	6
10	10.66	10.68	10.67	10.65	10.66	10.65
50	48.86	48.88	48.91	48.92	48.87	48.88
100	96.63	96.58	96.62	96.53	96.59	96.51
200	191.36	191.35	191.45	191.40	191.36	191.31
300	286.09	286.12	286.28	286.26	286.12	286.1

Tabel 4.6 menampilkan hasil pengukuran kinerja *infusion pump* merek Endo 2. Namun, hasil uji laju alir pada setting 10–300 ml/h menunjukkan penunjukkan standar dari enam kali pengulangan masih berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$. Dengan demikian, meskipun *infusion pump* Endo unit kedua memenuhi syarat pada uji laju alir, alat ini tidak memenuhi persyaratan keseluruhan karena gagal pada uji kemampuan.

C. Infusion pump ESA 1

Tabel 4. 7 Pengukuran ESA 1 *occlusion test*

Setting tekanan pada alat ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100	17.95	17.62	17.37	≤ 20 psi

Tabel 4.7 menampilkan hasil pengukuran kinerja *infusion pump* ESA 1. Pada uji kemampuan dengan laju alir 100 ml/h, diperoleh nilai tekanan sebesar 17,95; 17,62; dan 17,37 psi, yang masih berada di bawah ambang batas ≤ 20 psi. Oleh karena itu, alat dinyatakan memenuhi persyaratan pada parameter uji kemampuan.

Tabel 4. 8 Pengukuran ESA 1 *flow rate test*

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Standar (ml/h)					
	1	2	3	4	5	6
10	9.43	9.45	9.47	9.42	9.44	9.43
50	48.09	48.07	48.18	48.15	48.11	48.18
100	99.08	99.17	99.12	99.06	99.1	99.14
200	191.33	191.41	191.32	191.37	191.36	191.40
300	283.57	283.64	283.52	283.67	283.61	283.65

Selanjutnya, pada Tabel 4.8 hasil uji laju alir ESA 1 pada setting 10–300 ml/h menunjukkan bahwa penunjukkan standar dari enam kali pengulangan untuk setiap level *setting* berada dalam rentang toleransi $\pm 10\%$ dari nilai nominal. Misalnya, pada setting 100 ml/h, hasil pengukuran berkisar antara 99,01 hingga 99,12 ml/h, yang masih dalam batas toleransi (± 10 ml/h).

D. Infusion pump ESA 2

Tabel 4. 9 Pengukuran ESA 2 *occlusion test*

Setting tekanan pada alat ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100	13.60	14.04	14.08	≤20 psi

Tabel 4.9 menampilkan hasil pengukuran kinerja *infusion pump* ESA 2 pada uji kemampatan dengan laju alir 100 ml/h, diperoleh nilai tekanan sebesar 13,60; 14,04; dan 14,08 psi. Seluruh nilai tersebut berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan, yaitu ≤ 20 psi. Dengan demikian, *infusion pump* ESA 2 memenuhi persyaratan pada parameter uji kemampatan.

Tabel 4. 10 Pengukuran ESA 2 *flow rate test*

Setting Alat	Penunjukkan Standar (ml/h)					
(ml/h)	1	2	3	4	5	6
10	9.56	9.54	9.52	9.55	9.54	9.5
50	48.24	48.27	48.28	48.25	48.23	48.25
100	98.32	98.42	98.38	98.4	98.42	98.41
200	195.81	195.91	195.83	195.79	195.80	195.80
300	293.3	293.39	293.28	293.18	293.17	293.18

Selanjutnya tabel 4.10 hasil uji laju alir ESA 2 pada setting 10–300 ml/h menunjukkan bahwa penunjukkan standar dari enam kali pengulangan masih berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$ dari nilai nominal. Sebagai contoh, pada setting 100 ml/h, hasil pengukuran berkisar antara 98,32 hingga 98,42 ml/h, yang masih berada dalam batas toleransi (90–110 ml/h). Dengan demikian, *infusion pump* ESA 2 memenuhi seluruh persyaratan kinerja, baik pada uji kemampatan maupun pada uji laju alir.

E. Infusion pump Inmedik 1

Tabel 4. 11 Pengukuran Inmedik 1 *occlusion test*

Setting tekanan pada alat ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100	9.57	9.09	9.55	≤20 psi

Tabel 4.11 menampilkan hasil pengujian kinerja *infusion pump* Inmedik 1. Pada uji kemampatan dengan laju alir 100 ml/h, diperoleh nilai tekanan sebesar 9,57; 9,09; dan 9,55 psi. Seluruh nilai tersebut berada jauh di bawah ambang batas maksimal sebesar ≤ 20 psi. Oleh karena itu, *infusion pump* Inmedik 1 memenuhi persyaratan pada parameter uji kemampatan.

Tabel 4. 12 Pengukuran Inmedik 1 *flow rate test*

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Standar (ml/h)					
	1	2	3	4	5	6
10	9.75	9.76	9.77	9.78	9.75	9.78
50	48.24	48.25	48.28	48.29	48.27	48.22
100	94.11	94.17	94.15	94.11	94.1	94.17
200	189.04	189.06	189.05	189.01	188.99	188.99
300	283.97	283.95	283.94	283.90	283.87	283.8

Sementara itu tabel 4.12 hasil uji laju alir Inmedik 1 pada setting 10–300 ml/h menunjukkan bahwa seluruh hasil penunjukkan standar dari enam kali pengulangan masih berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$ dari nilai nominal. Sebagai contoh, pada setting 200 ml/h, hasil pengukuran berkisar antara 188,99 hingga 189,05 ml/h, yang masih berada dalam rentang toleransi (180–220 ml/h).

F. Infusion pump Inmedik 2

Tabel 4. 13 Pengukuran Inmedik 2 *occlusion test*

Setting tekanan pada alat ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100	8.03	8.59	8.41	≤20 psi

Tabel 4.13 menunjukkan hasil pengukuran kinerja *infusion pump* Inmedik 2. Pada pengujian kemampatan dengan laju alir 100 ml/h, diperoleh nilai tekanan sebesar 8,03; 8,59; dan 8,41 psi. Seluruh nilai tersebut berada jauh di bawah ambang batas maksimum, yaitu ≤ 20 psi. Oleh karena itu, *infusion pump* Inmedik 2 memenuhi persyaratan pada uji kemampatan.

Tabel 4. 14 Pengukuran Inmedik 2 *flow rate test*

Setting Alat	Penunjukkan Standar (ml/h)					
(ml/h)	1	2	3	4	5	6
10	10.43	10.45	10.48	10.44	10.46	10.48
50	48.4	48.47	48.46	48.43	48.42	48.46
100	95.76	95.77	95.81	95.59	95.68	95.62
200	191.46	191.50	191.47	191.45	191.47	191.42
300	287.16	287.23	287.12	287.30	287.26	287.21

Pada tabel 4.14 pengujian laju alir Inmedik 2 dengan setting 10–300 ml/h, hasil pengukuran dari enam kali pengulangan menunjukkan bahwa penunjukkan standar berada dalam rentang toleransi $\pm 10\%$ dari nilai nominal. Sebagai contoh, pada setting 300 ml/h, hasil berkisar antara 287,12 hingga 287,30 ml/h, yang masih berada dalam batas toleransi (270–330 ml/h). Dengan demikian, *infusion pump* Inmedik 2 memenuhi seluruh persyaratan kinerja kemampatan maupun pengujian laju alir.

G. Infusion pump Krisma Care 1

Tabel 4. 15 Pengukuran Krisma Care 1 *occlusion test*

Setting tekanan pada alat ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100	19.07	19.59	19.62	≤20 psi

Tabel 4.15 menampilkan hasil pengujian kinerja *infusion pump* Krisma Care 1. Pada uji kemampatan dengan laju alir 100 ml/h, diperoleh tekanan sebesar 19,07; 19,59; dan 19,62 psi. Ketiga nilai tersebut masih berada dalam ambang batas maksimum ≤ 20 psi, sehingga *infusion pump* Krisma Care 1 memenuhi persyaratan untuk parameter uji kemampatan.

Tabel 4. 16 Pengukuran Krisma Care 1 *flow rate test*

Setting Alat	Penunjukkan Standar (ml/h)					
(ml/h)	1	2	3	4	5	6
10	10.69	10.66	10.65	10.67	10.68	10.63
50	46.57	46.5	46.48	46.6	46.44	46.41
100	92.69	92.71	92.76	92.7	92.64	92.68
200	183.98	184.01	184.02	184.04	183.87	183.93
300	275.27	275.31	275.28	275.38	275.1	275.17

Pada tabel 4.16 uji laju alir Krisma car 1 dengan setting 10–300 ml/h, hasil pengukuran dari enam kali pengulangan menunjukkan bahwa seluruh penunjukkan standar masih berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$ dari nilai nominal. Sebagai contoh, pada setting 100 ml/h, hasil berkisar antara 92,61 hingga 92,86 ml/h, yang masih berada dalam batas toleransi (90–110 ml/h). Dengan demikian, *infusion pump* Krisma Care 1 memenuhi seluruh persyaratan kinerja, baik pada uji kemampatan maupun uji laju alir.

H. Infusion pump Krisma Care 2

Tabel 4. 17 Pengukuran Krisma Care 2 *occlusion test*

Setting tekanan pada alat ml/ h	Terukur pada standar			Ambang Batas
	I	II	III	
100	18.07	18.64	18.82	≤20 psi

Tabel 4.17 menampilkan hasil pengujian kinerja infusio pump Krisma Care 2. Pada pengujian kemampatan dengan laju alir 100 ml/h, diperoleh nilai tekanan sebesar 18,07; 18,64; dan 18,82 psi. Ketiga nilai ini masih berada di bawah ambang batas maksimum sebesar ≤ 20 psi, sehingga infusio pump Krisma Care 2 memenuhi persyaratan pada parameter uji kemampatan.

Tabel 4. 18 Pengukuran Krisma Care 2 *flow rate test*

Setting Alat	Penunjukkan Standar (ml/h)					
(ml/h)	1	2	3	4	5	6
10	9.75	9.72	9.76	9.74	9.77	9.76
50	53.53	53.55	53.57	53.37	53.4	53.45
100	93.3	93.35	93.34	93.38	93.39	93.36
200	192.25	192.21	192.29	192.29	192.29	192.23
300	291.19	291.07	291.24	291.20	291.18	291.1

Pada tabel 4.18 Hasil uji laju alir Krisma Care 2 pada setting 10–300 ml/h juga menunjukkan bahwa seluruh hasil pengukuran dari enam kali pengulangan berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$ dari nilai nominal. Misalnya, pada setting 100 ml/h, hasil pengukuran berkisar antara 93,3 hingga 93,36 ml/h, yang masih dalam rentang toleransi (90–110 ml/h). Dengan demikian, infusio pump Krisma Care 2 memenuhi seluruh persyaratan kinerja, baik pada uji kemampatan maupun pada uji laju alir.

4.3 Analisa Ketidakpastian Pengukuran

A. Hasil Perhitungan

Setiap *infusion pump* dihitung budget Ketidakpastian pengukuran pada empat titik laju aliran (10, 50, 100, 200 dan 300 ml/h). Prosedur pengujian mengacu pada standar PO.002-18 dengan toleransi kesalahan maksimal $\pm 10\%$.

1. *Infusion pump* Endo 1

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Endo 1

Parameter	Setting	Terukur pada standar			Mean
		I	II	III	
max pressure (psi)	Resolusi	17.6	19.3	18.3	18.4

Setting Aliran : 10 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,01	2,45	0,0054	5	1	0,0054	0,0000	2,E-10
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	60	1	0,0700	0,0049	4,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-4	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
4	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0058	4,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										81,98	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 50 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,05	2,45	0,0205	5	1	0,0205	0,0004	4,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0062	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										73,04	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

No. : 100 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0114	5	1	0,0114	0,0001	3,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										70,63	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

No. : 200 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,05	2,45	0,0203	5	1	0,0203	0,0004	3,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0062	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										73,04	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

Setting Aliran : 300 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,08	2,45	0,0308	5	1	0,0308	0,0009	2,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0067	7,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										67,52	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

2. Infusion pump Endo 2

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Endo 2

Parameter	Setting	Terukur pada standar			Mean
		I	II	III	
max pressure (psi)	Resolusi	27.0	29.0	29.2	28.4

Setting Aliran : 10 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,01	2,45	0,0048	5	1	0,0048	0,0000	1,E-10
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	60	1	0,0700	0,0049	4,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-4	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
4	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0058	4,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										81,81	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 50 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,02	2,45	0,0095	5	1	0,0095	0,0001	2,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										69,96	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

No. : 100 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,05	2,45	0,0196	5	1	0,0196	0,0004	3,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0062	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										73,00	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

No. : 200 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,05	2,45	0,0200	5	1	0,0200	0,0004	3,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0062	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										73,02	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

Setting Aliran : 300 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,08	2,45	0,0347	5	1	0,0347	0,0012	3,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0070	8,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										62,56	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,17	

3. Infusion pump Esa Tech 1

Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Esa Tech 1

Parameter	Setting	Terukur pada standar			Mean
		I	II	III	
max pressure (psi)	Resolusi	18.0	17.6	17.4	17.6

Setting Aliran : 10 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,02	2,45	0,0073	5	1	0,0073	0,0001	6,E-10
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	60	1	0,0700	0,0049	4,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-4	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
4	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	4,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										82,58	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 50 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,05	2,45	0,0191	5	1	0,0191	0,0004	3,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0062	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										72,95	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

No. : 100 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,04	2,45	0,0164	5	1	0,0164	0,0003	1,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0061	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										72,39	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

No. : 200 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0143	5	1	0,0143	0,0002	8,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0060	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										71,71	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 300 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,06	2,45	0,0229	5	1	0,0229	0,0005	6,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0063	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										72,79	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

4. Infusion pump Esa Tech 2

Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Esa Tech 2

Parameter	Setting	Terukur pada standar			Mean
		I	II	III	
max pressure (psi)	Resolusi	13.6	14.0	14.1	13.9

Setting Aliran : 10 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,02	2,45	0,0089	5	1	0,0089	0,0001	1,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	60	1	0,0700	0,0049	4,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-4	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
4	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	4,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										83,15	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 50 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,02	2,45	0,0076	5	1	0,0076	0,0001	7,E-10
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										69,31	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

No. : 100 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,04	2,45	0,0156	5	1	0,0156	0,0002	1,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0060	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										72,14	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

No. : 200 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,04	2,45	0,0179	5	1	0,0179	0,0003	2,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0061	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										72,74	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

Setting Aliran : 300 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,09	2,45	0,0361	5	1	0,0361	0,0013	3,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0071	8,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										60,41	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,17	

5. Infusion pump Inmedik 1

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Inmedik 1

Parameter	Setting	Terukur pada standar			Mean
		I	II	III	
max pressure (psi)	Resolusi	9.6	9.1	9.6	9.4

Setting Aliran : 10 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,02	2,45	0,0084	5	1	0,0084	0,0001	1,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	60	1	0,0700	0,0049	4,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-4	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
4	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	4,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										82,99	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 50 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0113	5	1	0,0113	0,0001	3,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										70,59	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

No. : 100 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici^2	uici^4/vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,09	2,45	0,0362	5	1	0,0362	0,0013	3,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0071	8,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										60,31	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,17	

No. : 200 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0115	5	1	0,0115	0,0001	4,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangulair	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangulair	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										70,68	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 300 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,07	2,45	0,0268	5	1	0,0268	0,0007	1,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangulair	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangulair	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0065	6,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										71,10	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	



6. Infusion pump Inmedik 2

Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Inmedik 2

Parameter	Setting	Terukur pada standar			Mean
		I	II	III	
max pressure (psi)	Resolusi	8.0	8.6	8.4	8.3

Setting Aliran : 10 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,01	2,45	0,0056	5	1	0,0056	0,0000	2,E-10
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	60	1	0,0700	0,0049	4,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-4	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
4	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0058	4,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										82,04	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 50 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0108	5	1	0,0108	0,0001	3,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										70,41	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

No. : 100 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0131	5	1	0,0131	0,0002	6,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0060	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										71,28	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

No. : 200 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0133	5	1	0,0133	0,0002	6,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0060	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										71,35	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 300 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,06	2,45	0,0257	5	1	0,0257	0,0007	9,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0065	6,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										71,78	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

7. Infusion pump Krisma Care 1

Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Krisma Care 1

Parameter	Setting	Terukur pada standar			Mean
		I	II	III	
max pressure (psi)	Resolusi	19.1	19.6	19.6	19.4

Setting Aliran : 10 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,02	2,45	0,0088	5	1	0,0088	0,0001	1,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	60	1	0,0700	0,0049	4,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-4	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
4	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0059	4,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										83,14	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,15	

Setting Aliran : 50 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,07	2,45	0,0300	5	1	0,0300	0,0009	2,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0067	7,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										68,38	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

No. : 100 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,04	2,45	0,0161	5	1	0,0161	0,0003	1,E-08
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0061	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										72,28	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

No. : 200 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,06	2,45	0,0265	5	1	0,0265	0,0007	1,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0065	6,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff										71,31	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,16	

Setting Aliran : 300 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,10	2,45	0,0411	5	1	0,0411	0,0017	6,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11
Jumlah										0,0075	1,E-06
Ketidakpastian baku gabungan, Uc										0,09	
Derajat kebebasan efektif, V eff										52,65	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C										2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc										0,17	

8. Infusion pump Krisma Care 2

Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Krisma Care 2

Parameter	Setting	Terukur pada standar			Mean
		I	II	III	
max pressure (psi)	Resolusi	18.1	18.6	18.8	18.5

Setting Aliran : 10 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,02	2,45	0,0073	5	1	0,0073	0,0001	6,E-10
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	60	1	0,0700	0,0049	4,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-4	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
4	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11

Jumlah	0,0059	4,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc	0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff	82,58	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C	2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc	0,15	

Setting Aliran : 50 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,08	2,45	0,0341	5	1	0,0341	0,0012	3,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11

Jumlah	0,0070	8,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc	0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff	63,38	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C	2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc	0,17	

No. : 100 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0131	5	1	0,0131	0,0002	6,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	t-Student	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Segi-3	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Segi-4	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11

Jumlah	0,0060	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc	0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff	71,27	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C	2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc	0,15	

No. : 200 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,03	2,45	0,0142	5	1	0,0142	0,0002	8,E-09
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11

Jumlah	0,0060	5,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc	0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff	71,67	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C	2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc	0,15	

Setting Aliran : 300 (ml/h)

No.	Komponen	Satuan	Distribusi	U	pembagi	ui	vi	ci	uici	uici ²	uici ⁴ /vi
1	Pengukuran berulang	(ml/h)	Normal	0,06	2,45	0,0264	5	1	0,0264	0,0007	1,E-07
2	Sertifikat alat ukur	(ml/h)	Normal	0,14	2	0,0700	50	1	0,0700	0,0049	5,E-07
3	Resolusi	(ml/h)	Rectangular	0,1	1,73	0,0289	50	1	0,0289	0,0008	1,E-08
5	Drift	(ml/h)	Rectangular	0,01	1,73	0,0081	50	1	0,0081	0,0001	9,E-11

Jumlah	0,0065	6,E-07
Ketidakpastian baku gabungan, Uc	0,08	
Derajat kebebasan efektif, V eff	71,34	
Faktor cakupan, k-student untuk Veff dan C	2,0	
Ketidakpastian bentangan, U=k.Uc	0,16	

B. Laporan Telaah Teknis

Laporan Telaah Teknis ini merujuk pada hasil perhitungan Ketidakpastian yang ditunjukkan pada Tabel 4.19 sampai Tabel 4.26. Laporan ini juga dilakukan dengan mencantumkan informasi penting mengenai proses pelaksanaan, spesifikasi alat, informasi alat, kondisi ruangan, Alat Ukur yang digunakan, Pengukuran Kinerja.

Tabel 4. 27 Informasi Administratif Laporan Telaah Teknis

Nama Ruang	:	Rawat Inap
Petugas	:	DEDY ISKANDAR
Resolusi	:	0.1 ml/h
Tempat Pelaksanaan	:	RSUD Karanganyar
Tanggal Pelaksanaan	:	1 September 2025

Berdasarkan Tabel 4.27, telaah teknis dilaksanakan di Ruang Rawat Inap RSUD Karanganyar pada tanggal 1 September 2025. Kegiatan ini dilakukan oleh petugas teknis Dedy Iskandar dengan resolusi pengukuran *Infuse pump* sebesar 0,1 ml/h, sebagai bagian dari upaya evaluasi dan pemastian mutu peralatan medis di lingkungan rumah sakit.

Tabel 4. 28 Telaah Teknis Kondisi Ruangan

Kondisi Ruangan	
1. Suhu	: $(21.8 \pm 0.60 \text{ }^{\circ}\text{C})$
2. Kelembaban	: $(62 \pm 2.7\% \text{ RH})$

Pada Tabel 4.28 ditunjukkan kondisi lingkungan ruang uji, yaitu suhu rata-rata sebesar $21,8 \pm 0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif sebesar $62 \pm 2,7 \%$ RH. Kondisi lingkungan ini berada pada kisaran yang sesuai untuk mendukung pengoperasian dan pengujian peralatan medis, sehingga tidak menimbulkan faktor eksternal yang dapat memengaruhi hasil pengukuran.

Tabel 4. 29 Telaah Teknis Alat Ukur yang digunakan

No	Nama Alat	Merk	Model / Type	No. Seri	U95
1	<i>Infuse Device analyzer</i>	Fluke	IDA 5	3163903	0.14
2	<i>Thermohygrometer</i>	GREISINGER	GFTB 200	34904090	2.7

Selanjutnya, Tabel 4.29 menjelaskan alat ukur yang digunakan dalam telaah teknis, yakni *Infuse Device Analyzer* merk Fluke tipe IDA 5 dengan nilai U95 sebesar 0,14 serta *Thermohygrometer* merk Greisinger tipe GFTB 200 dengan nilai U95 sebesar 2,7. Kedua instrumen ini digunakan untuk memastikan akurasi hasil telaah, di mana masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam mengukur kinerja alat medis dan kondisi lingkungan ruangan.

Telaah teknis hasil pengukuran kinerja yang menjadi dasar penentuan status LAIK PAKAI atau TIDAK LAIK PAKAI alat disajikan pada bagian ini. Mengacu pada PO.002-18 Bab III, analisis dilakukan dengan membandingkan deviasi pengukuran terhadap toleransi yang ditetapkan, dengan ketentuan bahwa status LAIK PAKAI diberikan apabila $\geq 70\%$ titik uji memenuhi kriteria.

Hasil evaluasi terhadap empat unit alat disajikan dalam uraian berikut :

1. *Infusion pump* Endo 1

Tabel 4. 30 Hasil Telaah Teknis Endo 1

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Alat Ukur (ml/h)	Koreksi (ml/h)	Ketidakpastian (ml/h)	
10	10.95	0.95	±	0.15
50	55.14	5.14	±	0.16
100	109.65	9.65	±	0.15
200	217.61	17.61	±	0.16
300	325.57	25.57	±	0.16

Pada Tabel 4.30 pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi laju aliran alat pada berbagai setting, yaitu 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 dan 300 ml/h. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.25, yang menyajikan nilai penunjukkan alat ukur, koreksi (selisih antara nilai setting dan hasil ukur), serta Ketidakpastian pengukuran.

- A. Pada setting 10 ml/h, alat menunjukkan nilai sebesar 10.95 ml/h dengan koreksi sebesar 0.95 ml/h dan Ketidakpastian ± 15 ml/h.
- B. Pada setting 50 ml/h, hasil pengukuran adalah 55.14 ml/h, dengan koreksi 5.14 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.

- C. Untuk setting 100 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 109.65 ml/h, dengan koreksi sebesar 9.65 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- D. Untuk setting 200 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 217.61 ml/h, dengan koreksi sebesar 17.61 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- E. Pada setting 300 ml/h, hasil penunjukkan adalah 325.57 ml/h, menghasilkan koreksi 25.57 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.

Berdasarkan hasil tersebut, status kelaikan alat ini adalah LAIK PAKAI karena titik pengujian berada dalam batas toleransi ($\pm 10\%$).

2. Infusion pump Endo 2

Tabel 4. 31 Hasil Telaah Teknis Endo 2

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Alat Ukur (ml/h)	Koreksi (ml/h)	Ketidakpastian (ml/h)
10	10.69	0.69	± 0.15
50	49.13	-0.87	± 0.15
100	97.08	-2.92	± 0.16
200	192.40	-7.60	± 0.16
300	287.72	-12.28	± 0.17

Pada tabel 4.31 pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi laju aliran alat pada berbagai setting, yaitu 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 dan 300 ml/h. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.26, yang menyajikan nilai penunjukkan alat ukur, koreksi (selisih antara nilai setting dan hasil ukur), serta Ketidakpastian pengukuran.

- A. Pada setting 10 ml/h, alat menunjukkan nilai sebesar 10.69 ml/h dengan koreksi sebesar 0.69 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- B. Pada setting 50 ml/h, hasil pengukuran adalah 49.13 ml/h, dengan koreksi -0.87 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- C. Untuk setting 100 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 97.08 ml/h, dengan koreksi sebesar -2.92 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- D. Untuk setting 200 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 192.40 ml/h, dengan koreksi sebesar -7.60 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- E. Pada setting 300 ml/h, hasil penunjukkan adalah 287.72 ml/h, menghasilkan koreksi -12.28 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.17 ml/h.

Berdasarkan hasil tersebut, status kelaikan alat ini adalah LAIK PAKAI karena titik pengujian berada dalam batas toleransi ($\pm 10\%$).

3. *Infusion pump* ESA Tech 1

Tabel 4. 32 Hasil Telaah Teknis Esa Tech 1

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Alat Ukur (ml/h)	Koreksi (ml/h)	Ketidakpastian (ml/h)
10	9.46	-0.54	± 0.15
50	48.37	-1.63	± 0.16
100	99.63	-0.37	± 0.16
200	192.39	-7.61	± 0.15
300	285.16	-14.84	± 0.16

Pada tabel 4.32 pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi laju aliran alat pada berbagai setting, yaitu 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 dan 300 ml/h. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.27, yang menyajikan nilai penunjukkan alat ukur, koreksi (selisih antara nilai setting dan hasil ukur), serta Ketidakpastian pengukuran.

- A. Pada setting 10 ml/h, alat menunjukkan nilai sebesar 9.46 ml/h dengan koreksi sebesar -0.54 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- B. Pada setting 50 ml/h, hasil pengukuran adalah 48.37 ml/h, dengan koreksi -1.63 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- C. Untuk setting 100 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 99.63 ml/h, dengan koreksi sebesar -0.37 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- D. Untuk setting 200 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 192.39 ml/h, dengan koreksi sebesar -7.61 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- E. Pada setting 300 ml/h, hasil penunjukkan adalah 285.16 ml/h, menghasilkan koreksi -14.84 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.

Berdasarkan hasil tersebut, status kelaikan alat ini adalah LAIK PAKAI karena titik pengujian berada dalam batas toleransi ($\pm 10\%$).

4. Infusion pump ESA Tech 2

Tabel 4. 33 Hasil Telaah Teknis Esa Tech 2

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Alat Ukur (ml/h)	Koreksi (ml/h)	Ketidakpastian (ml/h)
10	9.56	-0.44	± 0.15
50	48.49	-1.51	± 0.15
100	98.91	-1.09	± 0.16
200	196.88	-3.12	± 0.16
300	294.85	-5.15	± 0.17

Pada Tabel 4.33 pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi laju aliran alat pada berbagai setting, yaitu 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 dan 300 ml/h. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.28, yang menyajikan nilai penunjukkan alat ukur, koreksi (selisih antara nilai setting dan hasil ukur), serta Ketidakpastian pengukuran.

- A. Pada setting 10 ml/h, alat menunjukkan nilai sebesar 9.56 ml/h dengan koreksi sebesar -0.44 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- B. Pada setting 50 ml/h, hasil pengukuran adalah 48.49 ml/h, dengan koreksi -1.51 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- C. Untuk setting 100 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 98.91 ml/h, dengan koreksi sebesar -1.09 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- D. Untuk setting 200 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 196.88 ml/h, dengan koreksi sebesar -3.12 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- E. Pada setting 300 ml/h, hasil penunjukkan adalah 294.85 ml/h, menghasilkan koreksi -5.15 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.17 ml/h.

Berdasarkan hasil tersebut, status kelaikan alat ini adalah LAIK PAKAI karena titik pengujian berada dalam batas toleransi ($\pm 10\%$).

5. *Infusion pump* Inmedik 1

Tabel 4. 34 Hasil Telaah Teknis Inmedik 1

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Alat Ukur (ml/h)	Koreksi (ml/h)	Ketidakpastian (ml/h)
10	10.49	0.49	± 0.15
50	48.68	-1.32	± 0.15
100	96.21	-3.79	± 0.17
200	192.49	-7.51	± 0.15
300	288.78	-11.22	± 0.16

Pada tabel 4.34 pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi laju aliran alat pada berbagai setting, yaitu 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 dan 300 ml/h. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.29, yang menyajikan nilai penunjukkan alat ukur, koreksi (selisih antara nilai setting dan hasil ukur), serta Ketidakpastian pengukuran.

- A. Pada setting 10 ml/h, alat menunjukkan nilai sebesar 10.49 ml/h dengan koreksi sebesar 0.49 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- B. Pada setting 50 ml/h, hasil pengukuran adalah 48.68 ml/h, dengan koreksi -1.32 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- C. Untuk setting 100 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 96.21 ml/h, dengan koreksi sebesar -3.79 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.17 ml/h.
- D. Untuk setting 200 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 192.49 ml/h, dengan koreksi sebesar -7.51 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- E. Pada setting 300 ml/h, hasil penunjukkan adalah 288.78 ml/h, menghasilkan koreksi -11.22 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.

Berdasarkan hasil tersebut, status kelaikan alat ini adalah LAIK PAKAI karena titik pengujian berada dalam batas toleransi ($\pm 10\%$).

6. Infusion pump Inmedik 2

Tabel 4. 35 Hasil Telaah Teknis Inmedik 2

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Alat Ukur (ml/h)	Koreksi (ml/h)	Ketidakpastian (ml/h)
10	9.79	-0.21	± 0.15
50	48.50	-1.50	± 0.15
100	94.63	-5.37	± 0.15
200	190.04	-9.96	± 0.15
300	285.45	-14.55	± 0.16

Pada tabel 4.35 pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi laju aliran alat pada berbagai setting, yaitu 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 dan 300 ml/h. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.30, yang menyajikan nilai penunjukkan alat ukur, koreksi (selisih antara nilai setting dan hasil ukur), serta Ketidakpastian pengukuran.

- A. Pada setting 10 ml/h, alat menunjukkan nilai sebesar 9.79 ml/h dengan koreksi sebesar -0.21 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- B. Pada setting 50 ml/h, hasil pengukuran adalah 48.50 ml/h, dengan koreksi -1.50 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- C. Untuk setting 100 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 94.63 ml/h, dengan koreksi sebesar -5.37 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- D. Untuk setting 200 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 190.04 ml/h, dengan koreksi sebesar -9.96 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- E. Pada setting 300 ml/h, hasil penunjukkan adalah 285.45 ml/h, menghasilkan koreksi -14.55 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.

Berdasarkan hasil tersebut, status kelaikan alat ini adalah LAIK PAKAI karena titik pengujian berada dalam batas toleransi ($\pm 10\%$).

7. *Infusion pump* Krisma Care 1

Tabel 4. 36 Hasil Telaah Teknis Krisma Care 1

Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Alat Ukur (ml/h)	Koreksi (ml/h)	Ketidakpastian (ml/h)
10	10.69	0.69	± 0.15
50	46.73	-3.27	± 0.16
100	93.18	-6.82	± 0.16
200	184.97	-15.03	± 0.16
300	276.75	-23.25	± 0.17

Pada tabel 4.36 pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi laju aliran alat pada berbagai setting, yaitu 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 dan 300 ml/h. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.31, yang menyajikan nilai penunjukkan alat ukur, koreksi (selisih antara nilai setting dan hasil ukur), serta Ketidakpastian pengukuran.

- A. Pada setting 10 ml/h, alat menunjukkan nilai sebesar 10.69 ml/h dengan koreksi sebesar 0.69 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- B. Pada setting 50 ml/h, hasil pengukuran adalah 46.73 ml/h, dengan koreksi -3.27 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- C. Untuk setting 100 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 93.18 ml/h, dengan koreksi sebesar -6.82 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- D. Untuk setting 200 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 184.97 ml/h, dengan koreksi sebesar -15.03 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.
- E. Pada setting 300 ml/h, hasil penunjukkan adalah 276.75 ml/h, menghasilkan koreksi -23.25 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.17 ml/h.

Berdasarkan hasil tersebut, status kelaikan alat ini adalah LAIK PAKAI karena titik pengujian berada dalam batas toleransi ($\pm 10\%$).

8. Infusion pump Krisma Care 2

Tabel 4. 37 Hasil Telaah Teknis Krisma Care 2

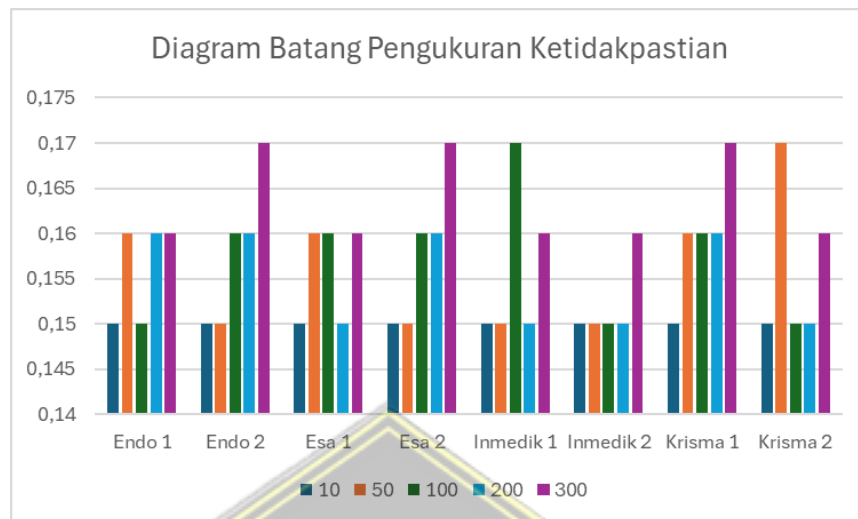
Setting Alat (ml/h)	Penunjukkan Alat Ukur (ml/h)	Koreksi (ml/h)	Ketidakpastian (ml/h)
10	9.77	-0.23	± 0.15
50	53.75	3.75	± 0.17
100	93.84	-6.16	± 0.15
200	193.30	-6.70	± 0.15
300	292.75	-7.25	± 0.16

Pada tabel 4.37 pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi laju aliran alat pada berbagai setting, yaitu 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 200 dan 300 ml/h. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4.32, yang menyajikan nilai penunjukkan alat ukur, koreksi (selisih antara nilai setting dan hasil ukur), serta Ketidakpastian pengukuran.

- A. Pada setting 10 ml/h, alat menunjukkan nilai sebesar 9.77 ml/h dengan koreksi sebesar -0.23 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- B. Pada setting 50 ml/h, hasil pengukuran adalah 53.75 ml/h, dengan koreksi 3.75 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.17 ml/h.
- C. Untuk setting 100 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 93.84 ml/h, dengan koreksi sebesar -6.16 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- D. Untuk setting 200 ml/h, nilai yang ditunjukkan adalah 193.30 ml/h, dengan koreksi sebesar -6.70 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.15 ml/h.
- E. Pada setting 300 ml/h, hasil penunjukkan adalah 292.75 ml/h, menghasilkan koreksi sebesar -7.25 ml/h dan Ketidakpastian ± 0.16 ml/h.

Berdasarkan hasil tersebut, status kelaikan alat ini adalah LAIK PAKAI, karena titik pengujian berada dalam batas toleransi ($\pm 10\%$).

C. Interpretasi Hasil



Gambar 4. 4 Diagram Batang Data Pengukuran Ketidakpastian

Gambar 4.4 merupakan diagram batang yang merujuk pada nilai ketidakpastian pada tabel 4.30 sampai 4.37 seluruh *infusion pump* produk dalam negeri (100%) yang telah dinyatakan LAIK PAKAI berdasarkan pengujian menggunakan kalibrator IDA. Deviasi hasil pengukuran *flow rate* pada semua titik setting (10, 50, 100, 200, dan 300 mL/jam) masih berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$ sesuai standar. Simpangan terendah yang diperoleh adalah 0,21 mL/jam ($\approx 0,7\%$), sedangkan simpangan tertinggi adalah 25,57 mL/jam ($\approx 8,5\%$). Hasil ini menunjukkan bahwa performa *infusion pump* TKDN konsisten dan memenuhi kriteria kinerja klinis yang dipersyaratkan.

Tingkat Akurasi, Toleransi, dan Kesesuaian dengan Infus set TKDN, *Infusion pump* TKDN terbukti memiliki akurasi yang baik, dengan variasi koreksi antar unit dan merek masih dalam batas yang dapat diterima. Rata-rata *error* relatif terbesar terjadi pada setting 300 mL/jam, namun tetap di bawah batas toleransi 10%. Dengan demikian, *infusion pump* TKDN layak digunakan di RSUD Karanganyar serta sesuai dengan standar pengujian dan kompatibel dengan infus set TKDN.

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keakuratan *infusion pump* produk dalam negeri (TKDN) di RSUD Karanganyar menggunakan metode pengukuran *uncertainty*. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan pada delapan unit *infusion pump* dari empat merek berbeda (Endo, ESA Tech, Inmedik, dan Krisma Care), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Seluruh *infusion pump* produksi dalam negeri yang diuji (100%) dinyatakan laik pakai berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *Infusion Device Analyzer* (IDA). Deviasi flow rate pada seluruh titik pengujian (10, 50, 100, 200, dan 300 mL/jam) tetap berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$ sesuai standar. Simpangan terendah adalah $\pm 0,21$ mL/jam ($\approx 0,7\%$) dan simpangan tertinggi $\pm 25,57$ mL/jam ($\approx 8,5\%$). Temuan ini menegaskan bahwa performa alat stabil, konsisten, dan memenuhi syarat kinerja klinis yang berlaku.
2. *Infusion pump* TKDN menunjukkan akurasi baik, dengan variasi antarmerek dan antarsatuan masih berada dalam batas yang dapat diterima menurut standar pengujian. Rata-rata error relatif terbesar muncul pada setting 300 mL/jam, namun tetap berada di bawah batas toleransi 10%. Hasil ini memastikan bahwa *infusion pump* TKDN layak digunakan, memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan, serta kompatibel dengan *infusion set* TKDN yang digunakan di RSUD Karanganyar.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, beberapa saran yang dapat diajukan adalah:

1. Bagi Rumah Sakit:

RSUD Karanganyar dapat terus menggunakan dan mempertimbangkan untuk menambah jumlah *infusion pump* produk dalam negeri sebagai bagian dari komitmen mendukung produk TKDN, dengan catatan melakukan kalibrasi dan pemeliharaan berkala secara rutin untuk mempertahankan kinerja dan akurasinya.

2. Bagi Peneliti Selanjutnya:

- A. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan menambah jumlah sampel dan variasi merek untuk memperkuat generalisasi hasil.
- B. Perlu dilakukan penelitian serupa yang mencakup parameter lain seperti *occlusion pressure* dan uji keselamatan listrik secara lebih mendetail untuk memberikan Gambaran yang lebih komprehensif.
- C. Penelitian dapat diperluas dengan mengamati kinerja alat dalam jangka panjang (*longitudinal study*) untuk menilai keandalan dan durabilitas produk TKDN.
- D. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan menguji keakuratan *infusion pump* berdasarkan tingkat *durability* yang digunakan selama beberapa hari, serta mengevaluasi potensi pengembangan perangkat tersebut di masa mendatang.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Iskandar and A. Kholiq, "Analisis Infus Set Terhadap Keakurasian Infus Pump di Ruang ICU RSUD Karanganyar," *Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya*, 2017.
- [2] M. dos S. Silva *et al.*, "Precision and reliability study of hospital infusion pumps: a systematic review," *Biomed Eng Online*, vol. 22, no. 1, p. 26, Mar. 2023, doi: 10.1186/s12938-023-01088-w.
- [3] N. H. Ahniar, Hendra Marwazi, and Rismarini Yufita, "Comparison of Flowrate and Occlusion in a Vertical Infusion Pump and Horizontal Infusion Pump," *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, Jan. 2020, doi: 10.35882/jeeemi.v2i1.1.
- [4] O. Atanda, J. West, T. Stables, C. Johnson, R. Merrifield, and J. Kinross, "Flow rate accuracy of infusion devices within healthcare settings: a systematic review," *Ther Adv Drug Saf*, vol. 14, Jan. 2023, doi: 10.1177/20420986231188602.
- [5] B. I. Valk and M. M. R. F. Struys, "Etomidate and its Analogs: A Review of Pharmacokinetics and Pharmacodynamics," *Clin Pharmacokinet*, vol. 60, no. 10, pp. 1253–1269, Oct. 2021, doi: 10.1007/s40262-021-01038-6.
- [6] D. Alihodzic, A. Broeker, M. Baehr, S. Kluge, C. Langebrake, and S. G. Wicha, "Impact of Inaccurate Documentation of Sampling and Infusion Time in Model-Informed Precision Dosing," *Front Pharmacol*, vol. 11, Mar. 2020, doi: 10.3389/fphar.2020.00172.
- [7] Kementerian Kesehatan RI, "Permenkes Nomor 54 Tahun 2015," 2015, *Indonesia*.
- [8] Syaifudin, Moch Prastawa ATP, and Dyah Titisai, "Pengaruh Infusion Set Pada Kalibrasi Infus Pump," *Poltekkes Kemenkes Surabaya*, vol. 3, Jul. 2021.
- [9] N. Lasiyah, R. Syahputra, and F. Ramadhan, "Rancang Bangun Infus Pump Dan Pendeteksi Darah Dengan Sensor Infrared Berbasis IoT," 2025, doi: 10.51544/elektromedik.v8i2.5618.
- [10] A. M. Maghfiroh, N. Havilda, and S. Das, "Development of Infusion Device Analyzer Equipped with Occlusion Detection and a Real-Time Parameters Monitoring on Computer System," *Jurnal Teknokes*, vol. 15, no. 1, pp. 21–27, Mar. 2022, doi: 10.35882/teknokes.v15i1.4.

- [11] N. M. Vieira, M. P. de O. Pires, G. B. Crespo, L. P. P. Nascimento, M. A. S. Peterlini, and M. L. G. Pedreira, "Start-up delay in syringe infusion pumps with different rates and priming techniques of intravenous sets," *Rev Gaucha Enferm*, vol. 43, 2022, doi: 10.1590/1983-1447.2022.20210071.en.
- [12] N. Sholihah, A. Kholiq, and S. Sumber, "Monitoring Infusion Pump Via Wireless (Occlusion part)," *Indonesian Journal of electronics, electromedical engineering, and medical informatics*, vol. 2, no. 1, pp. 34–41, Feb. 2020, doi: 10.35882/ijeemi.v2i1.7.
- [13] W. Wadianto and Z. Fihayah, "Simulasi Sensor Tetesan Cairan, pada Infus Konvensional," *Jurnal Kesehatan*, vol. 7, no. 3, p. 394, Dec. 2016, doi: 10.26630/jk.v7i3.221.
- [14] Y. Pertiwi, N. Hadziqoh, R. Mulyadi, R. F. Surakusumah, and T. Y. Ovtaria, "Analysis Infusion Pump Calibration Results Merk Terumo Type Te-112," in *AISCH 2022 The 3rd Al Insyirah International Scientific Conference on Health*, Al Insyirah School of Health Science Pekanbaru, Indonesia, Jun. 2022, pp. 136–46.
- [15] A. Laia and Y. Yulizham, "Analisis Kalibrasi Syringe Pump," *Jurnal Mutiara Elektromedik*, vol. 2022, no. 1, pp. 25–32, Jun. 2022.
- [16] Huda Choirul, "Kalibrasi Infusion Pump & Syringe Pump," *Kementrian Kesehatan Republik Indonesia*, 2024.
- [17] Dirjen Fasyankes, "Metode Kerja," 2020, *Indonesia*.
- [18] C. Leonardo and D. Harlianto Tanudjaya, "Analisis Kalibrasi Pengukuran Dan Ketidakpastian Sound Level Meter," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 46–53, May 2023.
- [19] L. F. Wakidi, K. Maulidya S. P, and M. Nosike, "Electronic Infusion Flow Regulator with Occlusion Detection," *Jurnal Teknokes*, vol. 15, no. 1, pp. 14–20, Mar. 2022, doi: 10.35882/teknokes.v15i1.3.
- [20] "IDA-5 Infusion Device Analyzer Users Manual," 2013. [Online]. Available: www.flukebiomedical.com/service

