

**Rancang Bangun dan Pengujian Alat
Kalibrasi Pressure Transducer**

*Design, Build, and Testing of a Pressure
Transducer Calibrator*

SKRIPSI

Disusun oleh:

Nama: Fajar Santoso
NPM: 223030113



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Rancang Bangun dan Pengujian Alat Kalibrasi Pressure Transducer



Nama : Fajar Santoso

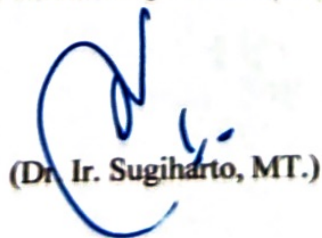
NPM : 223030113

Pembimbing Utama



(Ir. Toto Supriyono, MT.)

Pembimbing Pendamping



(Dr. Ir. Sugiharto, MT.)

ABSTRAK

Dalam dunia perindustrian, pengukuran tekanan menjadi salah satu parameter yang sangat esensial untuk memastikan kualitas proses serta keamanan suatu system yang melibatkan fluida kerja bertekanan. Pengukuran tekanan fluida kerja memerlukan alat ukur tekanan seperti transduser tekanan. Kalibrator transduser tekanan sangat dibutuhkan untuk memastikan akurasi transduser tekanan. Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat alat uji kalibrasi transduser tekanan (*Pressure Transducer*) serta menetapkan spesifikasinya; mengetahui proses pembuatannya; dan mengetahui urutan proses kalibrasinya. Alat uji kalibrasi *Pressure Transducer* dibuat melalui beberapa langkah dimulai dari pembuatan desain alat uji; penyiapan alat dan bahan; pengelasan; perakitan dan *finishing*; serta uji fungsi. Desain alat uji dilakukan menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)* untuk membuat model 3D dari alat uji, yaitu *AutoCAD* dan *Solidwork*. Material utama yang digunakan yaitu pipa *stainless steel*, *valve*, dan alat ukur tekanan (*pressure transmitter*, *pressure temperature*, *pressure gauge manometer*, dan *pressure bourdon gauge*). Spesifikasi alat uji kalibrasi *Pressure Transducer* yaitu menggunakan material *stainless steel*; mempunyai dimensi dengan diameter 80 mm dan panjang 500 mm; fluida kerja berupa air bersih; tekanan desain sebesar 40 bar (4 MPa); *temperature* desain sebesar 25°C; tekanan maksimum yang bekerja sebesar 10 barg (1 MPa); serta *temperature* kerja sebesar 35°C. Dari hasil perhitungan analitik dan *solidwork* diperoleh *safety factor* sebesar 1,83. Hasil kalibrasi *Pressure Transducer* yang telah dilakukan memberikan hubungan linier antara keluaran arus listrik transduser dan besar tekanan yang diberikan pada transduser. Penelitian ini menghasilkan alat uji kalibrasi *Pressure Transducer* dengan akurasi yang tinggi (1.5%) dan dapat mempertahankan stabilitas tekanan selama penggunaannya.

Kata kunci: *Pressure Transducer*, Kalibrasi, Desain, Fabrikasi, Pengujian, *Static Pressure*.

DAFTAR ISI

Surat Pernyataan	ii
Surat Pernyataan Persetujuan Publikasi	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Abstrak.....	1
Abstract.....	2
BAB I PENDAHULUAN.....	3
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II STUDI LITERATUR.....	8
2.1 Pengukuran	8
2.2 Karakteristik Pengukuran.....	9
2.3 Kalibrasi.....	11
2.4 Tekanan.....	14
a. Pressure Tranducer.....	15
b. Tranducer Tekanan Output Milivolt.....	17
c. Voltage Output Pressure Tranducer.....	17
d. Pressure Tranducer Keluaran 4 – 20 mA.....	17
2.5 Sensor Tekanan.....	17
a. Manometer	18
b. Piezometer	18
c. Tabung U-tube	18
d. Pipa-U Differential	19
e. Bourdon Tubes.....	19
f. Bellow	20
2.6 Standart Kalibrasi Pressure Tranducer.....	21
2.7 Tegangan pada Bejana Bertekanan	23
2.8 Analisis Statistik	25
2.9 Analisis Statistik Menggunakan Aplikasi	26

BAB III METODOLOGI.....	29
3.1 Tahapan Penelitian.....	29
3.2 Desain Alat Uji	29
3.3 Pembuatan Alat Uji.....	29
a. Studi Literatur	30
b. Desain	30
c. Penyiapan Alat dan Bahan	31
d. Pengelasan	31
e. Perakitan dan Finishing.....	31
f. Uji Fungsi.....	31
BAB IV DESAIN, PEMBUATAN, DAN PENGUJIAN	33
4.1 Desain	33
4.2 Pembuatan.....	35
4.3 Pengujian.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	49



BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pengukuran tekanan menjadi salah satu parameter yang sangat esensial untuk memastikan kualitas serta keamanan suatu sistem [1]. Oleh karena itu, kalibrator transduser tekanan menjadi alat yang sangat dibutuhkan untuk memastikan akurasi pengukuran tekanan pada berbagai jenis transduser tekanan yang digunakan dalam industri. Kalibrator transduser tekanan adalah alat yang digunakan untuk mengkalibrasi transduser tekanan, yang bertujuan untuk memastikan bahwa transduser tersebut memberikan hasil pengukuran yang akurat dan konsisten [2]. Dalam proses kalibrasi, kalibrator transduser tekanan akan membandingkan hasil pengukuran yang transduser berikan lewat standar referensi yang telah diketahui akurasinya. Dengan demikian, kalibrator transduser tekanan dapat membantu dalam mengidentifikasi dan mengoreksi kesalahan pengukuran yang mungkin terjadi pada transduser tersebut [3–5].

Desain, pembuatan, dan pengujian kalibrator transduser tekanan merupakan langkah-langkah penting dalam memastikan bahwa kalibrator itu mampu bekerja secara baik serta menghasilkan kalibrasi yang akurat. Desain kalibrator harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti rentang tekanan yang akan dikalibrasi, tingkat akurasi yang diinginkan, serta kemampuan kalibrator untuk menghasilkan tekanan yang stabil dan konsisten [6]. Pembuatan kalibrator transduser tekanan melibatkan proses manufaktur yang cermat dan presisi. Bahan yang digunakan harus dipilih dengan hati-hati untuk memastikan kekuatan dan keandalan kalibrator. Selain itu, perakitan dan pengujian kalibrator juga harus dilakukan dengan seksama untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan kalibrator dapat memberikan hasil kalibrasi yang akurat. Pengujian kalibrator transduser tekanan merupakan tahap yang sangat penting dalam memastikan keakuratan dan keandalan kalibrator tersebut. Pengujian dilakukan untuk memverifikasi kinerja kalibrator, seperti kemampuan kalibrator untuk menghasilkan tekanan yang stabil dan konsisten, serta keakuratan hasil kalibrasi yang diberikan. Pengujian juga dapat melibatkan perbandingan hasil kalibrasi dengan standar referensi yang telah diketahui akurasinya [7]. Dalam pengujian kalibrator transduser tekanan, beberapa parameter yang perlu diperhatikan adalah akurasi, stabilitas, resolusi, dan linieritas. Akurasi mengacu pada sejauh mana hasil kalibrasi yang diberikan oleh kalibrator mendekati nilai sebenarnya. Stabilitas mengacu pada kemampuan kalibrator untuk mempertahankan tekanan yang dihasilkan dalam jangka waktu yang lama. Resolusi mengacu pada kemampuan kalibrator untuk menghasilkan perubahan tekanan yang sangat kecil. Linieritas mengacu pada sejauh mana respons kalibrator

terhadap perubahan tekanan adalah proporsional. Selain itu, pengujian kalibrator juga harus mempertimbangkan faktor lingkungan seperti temperatur dan kelembaban. Perubahan temperatur dan kelembaban dapat mempengaruhi kinerja kalibrator, sehingga pengujian harus dilakukan dalam kondisi lingkungan yang terkendali.

Kalibrasi ialah serangkaian aktivitas guna menetapkan suatu keadaan khusus yang berhubungan dengan nilai dari sebuah besaran yang ditunjukkan sebuah alat ukur, produk yang akan diukur atau bahan acuan akan di nilai oleh sistem pengukuran, di mana nilai tersebut direalisasikan oleh standar pengukuran yang sudah ada [7]. Proses pelaksanaannya pun dilakukan di laboratorium kalibrasi yang sudah terakreditasi. Kalibrasi ataupun verifikasi diharuskan guna terdokumentasikan ke dalam suatu sertifikat ataupun laporan mengenai kalibrasi yang ditunjukkan dengan logo badan akreditasi ataupun cara lainnya yang memberi rujukan pada standar terakreditasi. Kebijakan guna tercapainya ketelusuran serta ketelusuran bahan rujukan harus dimiliki oleh semua laboratorium, jika bisa menerapkannya. Kebijakan itu harus sesuai dengan dokumen kebijakan ini.

Pressure transducer atau kerap dikatakan *pressure transmitter* ialah salah satu jenis transducer yang mengubah tekanan fisik (*pressure*) menjadi sinyal listrik analog [8]. Selepas itu, supaya besaran bias tampak signal tersebut akan terhubung dengan bagian display. Pressure Transducer (pemancar tekanan) merupakan sebuah tekanan untuk mengubah suatu tekanan yang diterapkan menjadi sinyal listrik yang dapat diukur. Proses konversi ini dapat dilakukan dengan melakukan deformasi fisik strain gage yang dihubungkan ke diafragma transduser tekanan dan disambungkan ke dalam desain jembatan wheatstone. Setelah tekanan diberikan maka akan menghasilkan perubahan hambatan listrik yang sebanding dengan gaya. Pressure Transducer ada 4 (empat) jenis, diantaranya Pressure Gauge, Pressure Temperature, Pressure Absolute, dan Pressure Vacuum. Berdasarkan beberapa desain ini dapat dibedakan dari ukuran dan bentuknya. Selain itu juga tekanan transduser memiliki 3 (tiga) jenis output listrik yang digunakan seperti, mV (mill volt), V (volt), dan mA (current). Masalah ini dapat dihindari dengan memilih keluaran listrik untuk aplikasi tertentu serta kabel transuser untuk jenis keluaran listrik.

Pengaplikasian tekanan transduser ini dapat diterapkan kedalam daya cair apa pun yang memerlukan pengukuran gaya dengan resolusi tinggi dan presisi yang dimana transduser ini menggunakan pengukuran gaya yang diperlukan dengan penyatuan suatu tampilan digital. Transduser ini dapat diterapkan dalam aplikasi loop tertutup seperti kompensasi tekanan elektronik yang akan mengjitung gaya hulu dan hilir dari keran pengukur relatif untuk menghitung penurunan tekanan secara cepat.

Masalah yang harus dihadapi tekanan transduser adalah kalibrasi. Kalibrasi sangat penting untuk tekanan seperti transduser ini. Jika transduser ini disiapkan dengan benar dan disesuaikan setelah diperbaiki, maka transduser ini tidak memerlukan kalibrasi yang berulang dan hanya disarankan setahun sekali. Namun, jika mengalami penyimpangan yang ekstrem pada kalibrasi itu merupakan suatu indikasi bahwa pemilihan transduser yang salah. Seperti contohnya terdapat gangguan dari medan elektromagnetik atau kebisingan yang dihasilkan oleh alat berat, maka perlu alat pemancar dengan pengkondisian sinyal yang tetap. Ada 2 (dua) kelemahan menggunakan tekanan transduser piezoelektrik untuk mengukur tekanan silinder yaitu sensitifitas transduser terhadap temperatur dan kebutuhan untuk merujuk output ke tekanan absolut. Penyimpangan transduser yang didorong oleh peristiwa pembakaran, sering disebut sebagai kejutan termal, meningkatkan variabilitas siklus terukur dengan membesa – besarkan efek variasi buatan yang bertahan sampai bagian dari siklus yang digunakan untuk mengelompokkan mengimbangi semua pengukuran yang direferensikan dari siklus tersebut dengan besarnya variabilitas.

Penelitian ini memfokuskan pada desain, pembuatan, dan pengujian kalibrator transduser tekanan. Dikembangkan desain kalibrator yang memenuhi persyaratan teknis yang telah ditetapkan, dan kemudian memproduksi kalibrator menggunakan material dan proses manufaktur yang tepat. Setelah pembuatan selesai, dilakukan serangkaian pengujian untuk memverifikasi kinerja kalibrator, termasuk akurasi, stabilitas, resolusi, dan linieritas. Hasil riset ini mampu berkontribusi dalam pengembangan kalibrator transduser tekanan secara lebih baik serta akurat, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan keamanan sistem industri yang bergantung pada pengukuran tekanan. Berhubungan dengan pengaturan, pengembangan standar pengukuran dan pemeliharaan maka diadakan pengembangan definisi–definisi satuan dalam system SI (Sistem Internasional) beserta realisasi definisi dari SI guna dipakai sebagai rujukan pengukuran secara setara, sehingga bisa memperbandingkannya antara satu dengan lainnya di seluruh dunia.

Penelitian ini dilakukan guna memastikan bahwasanya sistem pengukuran beserta alat ukur berfungsi dengan akurasi memadai di industri, baik pada proses persiapan, produksi, hingga pengujian. Kegiatan guna mengoneksikan pelbagai hasil pengukuran di seluruh dunia lewat kalibrasi standard pengukuran, kalibrasi alat ukur, serta membandingkan hasil kalibrasi dengan persyaratan pengukuran yang sudah ada. Sehingga hasil yang ditetapkan itu sesuai dengan persyaratan proses produksi guna tercapainya karakteristik produk yang dikehendaki.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang bisa teridentifikasi di antaranya:

1. Bagaimana menetapkan spesifikasi alat uji kalibrasi *Pressure Transducer*?
2. Bagaimana proses pembuatan alat uji kalibrasi *Pressure Transducer*?
3. Bagaimana proses melakukan kalibrasi pada alat uji kalibrasi *Pressure Transducer* yang dibuat?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun pada penelitian yang dilaksanakan ini bertujuan guna:

1. Dapat menetapkan spesifikasi alat uji kalibrasi *Pressure Transducer*.
2. Untuk mengetahui proses pembuatan alat uji kalibrasi *Pressure Transducer*.
3. Untuk mengetahui urutan proses kalibrasi pada alat yang dibuat.

1.4 BATASAN MASALAH

Pada penelitian ini pembatasan permasalahannya yakni tekanan pada tabung cylinder sebesar 40 bar dan adanya kejutan termal yang dimana menyebabkan membesarnya efek variasi sehingga menyebabkan siklus variabilitasnya membesar.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Urutan dalam penyusunan laporan ini, sistematikanya di antaranya:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini memuat Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Serta Sistematika Penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Selanjutnya bab ini memuat mengenai teori penelitian sebagai landasan permasalahan yang hendak dilakukan pembahasan sebagai bahan rujukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bagian ini memuat tentang alur penelitian dan metode yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemudian bab ini memuat tentang hasil dan pembahasan dalam penelitian yang sudah dilaksanakan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini memuat hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Dalam bab ini memuat bahan rujukan yang peneliti pakai guna melaksanakan proses pengumpulan data beserta teori yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, berhasil dirancang, dibuat, dan diuji alat uji kalibrasi pressure transduser. Alat ini dapat menghasilkan tekanan dengan akurasi yang tinggi dan dapat mempertahankan stabilitas tekanan selama penggunaan. Alat ini dapat digunakan untuk kalibrasi pressure transduser dengan hasil yang akurat (1.5%) dan dapat diandalkan. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi pengukuran tekanan. Spesifikasi alat uji kalibrasi adalah sebagai berikut:

- Material: Stainless steel
- Dimensi: Diameter 80 mm, panjang 500 mm.
- Fluida kerja: Air bersih
- Tekanan design: 40 bar (4 MPa)
- Temperatur design: 25 ° C
- Tekanan maksimum: 10 barg (2 MPa)
- Temperature kerja: 35 ° C

Hasil kalibrasi pressure transduser yang telah dilakukan memberikan hubungan linier antara keluaran arus listrik transduser dan besar tekanan yang diberikan pada transduser dinyatakan dengan persamaan:

$$P = 3.05 \times 0.66 I$$

Di mana: P adalah tekanan (barg), dan I adalah arus listrik (mA). Koefisien korelasi persamaan tersebut adalah sebesar 0.997, berarti 99.7 % data hasil pengukuran/kalibrasi dapat diwakili oleh persamaan garis lurus di atas.

5.2 SARAN

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih teliti perlu kalibrator/indikator/tekanan yang lebih teliti, memiliki skala yang lebih banyak dan mampu bacanya tinggi. Selain itu perlu dikembangkan sistem pencatatan/perekaman data dengan memanfaatkan komputer untuk memudahkan pengolahan data yang banyak diperoleh dari hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Winston, Jenis-jenis instrumen yang perlu diketahui, Winst. Eng. (n.d.). https://www.winstonengineering.com/id/id/events/107_jenis-jenis-instrumentasi-yang-perlu-diketahui.html (accessed May 5, 2023).
- [2] E. Y. Yulianto, Kalibrasi transduser tekanan, laju aliran, suhu dan level air pada sistem instrumentasi proteksi reaktor, Brin Repos. (n.d.) 105–120. <https://karya.brin.go.id/id/eprint/8495>.
- [3] E. Manullang, S. Tangkuman, B.L. Maluegha, Analisis Tegangan Pada Bejana Tekan Vertikal 13Z1100040291 Di Pt. Aneka Gas Industri, J. Online Poros Tek. Mesin 5 (2020) 92–102.
- [4] Fauzan, Analisis termal dan tegangan pada perencanaan bejana tekan untuk limbah kelapa sawit 10.000 ton/bulan, J. Ilm. Tek. Mesin FEMA 1 (2013) 28–35. <https://www.neliti.com/id/publications/98994/>.
- [5] K. L. Nicholasta, O. Kurdi, D. Satrijo, M. Jurusan, T. Mesin, F. Teknik, U. Diponegoro, D. Jurusan, T. Mesin, F. Teknik, U. Diponegoro, Analisa tegangan pada bejana tekan berskala industri menggunakan metode elemen hingga 1, 11 (2023) 123–124.
- [6] Ferindo, Mengenal Pentingnya Kalibrasi untuk Flow Meter, Ferindo Energi Instrumen (2022). https://www.ferindo.id/blog/kalibrasi-adalah--mengenal-pentingnya-kalibrasi-untuk-flow-meter_123.html.
- [7] Fluke, Kalibrasi proses, Fluke Instrum. (n.d.). <https://www.fluke.com/id-id/kategori-produk/alat-kalibrasi>.
- [8] S. P. Venkateshan, Mechanical measurement, 2nd ed., John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, UK, 2015. http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59379-1_10<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420070-8.00002-7><http://dx.doi.org/10.1016/j.ab.2015.03.024><https://doi.org/10.1080/07352689.2018.1441103><http://www.chile.bmw-motorrad.cl/sync/showroom/lam/es/>.
- [9] T. Supriyono, Pengukuran Teknik, 1st ed., Bandung, Indonesia, 2019.
- [10] A. Rahma, Ketidakpastian pengukuran, 2017. <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf><http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1>.
- [11] Destalia, Ukuran Pemusatan Data (Mean/Rataan Hitung), 2021.
- [12] I. M. Yuliara, Regresi linier sederhana, 2016. <https://doi.org/10.1093/bja/62.4.429>.
- [13] P. Pandiangan, Ketidakpastian dan Pengukuran, Prakt. IPA (2018) 1–35. <http://repository.ut.ac.id/4772/1/PEPA4203-M1.pdf>.
- [14] Noname, Analisis statistik deskriptif, 2000.
- [15] M. Gerdin, D. J. Rixen, Mechanical Vibration, Wiley, Chennai, India, 2015.
- [16] J. P. Holman, Experimental methods for engineers, 8th ed., 1953. <https://doi.org/10.1093/nq/s1-VIII.193.43-b>.

- [17] N. V. Raghavendra, L. Krishnamurthy, *Engineering Metrology of Engineering and Measurements*, Oxford Press, New Delhi, India, 2013.
- [18] Kalibrasi, Mengenal Standar Kalibrasi yang Biasa Digunakan di Perusahaan, Kalibrasi (n.d.). <https://news.kalibrasi.com/standar-kalibrasi/>.
- [19] T. Supriyono, *Buku Ajar Mekanika Fluida Dasar*. Universitas Pasundan: Bandung, Bandung, Indonesia, 2019.
- [20] T. Supriyono, *Mechanical Measurement: Praktikum Fenomena Dasar Mesin*, Bandung, 2022.
- [21] Aliexpress, Transduser Tekanan Hirschmann NPT1/2 Tangki Air Ulir 4-20mA 0-10 Pemancar Sebsor Gas Minyak Keluaran QDX50A, Aliexpress (2020) 1. <https://id.aliexpress.com/i/1005004597603715.html>.
- [22] B. Thomas G., *Mechanical-Measurements-6E-Beckwith.pdf*, n.d.
- [23] F. Edition, R. S. Figliola, D. E. Beasley, *Theory and Design for Mechanical Measurement*, Fifth, John Wiley & Sons, Inc, Danvers, 2011.
- [24] F. M. White, *Fluid Mechanics*, McGraw Hill, 2018.
- [25] T. Y. Kyrychok, *Mechanical measurements*, *Meas. Tech.* 57 (2014) 166–171. <https://doi.org/10.1007/s11018-014-0424-1>.
- [26] T. Supriyono, *Mekanika Fluida Lanjut, Teknik Mesin Unpas*, Bandung, 2021.
- [27] Crane Company, *Flow of fluids through valves, fittings and pipe*. Technical Paper No. 410, Tech. Pap. No.410 (TP 410) (1988) 128.
- [28] Techrof, *Bagaimana Proses Kalibrasi Differential Pressure Transmitter ?*, Techrof (2023). <https://www.techcroft.id/post/bagaimana-proses-kalibrasi-differential-pressure-transmitter> (accessed March 3, 2024).
- [29] Iccert, *Pentingnya Kalibrasi Dan Manfaat Kalibrasi Alat Ukur*, Iccert (n.d.). <https://iccert.com/pentingnya-kalibrasi-dan-manfaat-kalibrasi-alat-ukur/>.
- [30] E. Yusuf, Y. Amani, M. I. Suhada, *Analisa Tegangan Pada Shell Spheri-Cal Pressure Vessel Liquified Petro-Leum Gas (Lpg) Dengan Kapa-Sitas 3000 Mt*, *Sisfo J. Ilm. Sist. Inf.* 6 (2022) 127. <https://doi.org/10.29103/sisfo.v6i2.10443>.
- [31] Sugiharto, T. Supriyono, R. Wahyudi, *Kaji eksperimental tegangan membran pada bejana silinder dinding tipis akibat tekanan internal*, *INFOMATEK* 3 (2001) 123–125.
- [32] I. D. Kurniawan, A. Mhm, S. J. Legowo, *Comparative Study of Error Estimation on Linear Model and Instantaneous Model in Estimating Travel Time Based on Instantaneous Speed (Study Location: North Ring Road Surakarta)*, *Civ. Eng. Matrix J.* 4 (2016) 1264–1272. <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/37061>.
- [33] I. M. Purwaamijaya, *Teori Ketidakpastian*, *J. Pendidik. Indones.* (2012) 1–26. http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR._PEND.TEKNIK_SIPIL/196410181991011-ISKANDAR_MUDA_P/BAB_II_TEORI_KESALAHAN.pdf.
- [34] N. T. Harjanto, *Ketidakpastian Pengukuran Kekasaran Permukaan Kelongsong Bahan Bakar Nuklir dengan Roughness Tester Surtronic-25*, *PIN Pengelolaan Instal. Nukl.* 8 (201AD) 17–24. <http://jurnal.batan.go.id/index.php/pin/article/view/2487>.

- [35] DqLAB, Jenis Aplikasi Statistik yang Mempermudah Proses Analisis Statistik, DqLAB (n.d.). <https://dqlab.id/jenis-aplikasi-statistik-yang-mempermudah-proses-analisis-statistik> (accessed April 2, 2024).
- [36] Herawadi, A. Sentana, T. Supriyono, Perencanaan alat bantu pengangkutan tabung LPG 12 kg, 2019.
- [37] T. Supriyono, B. T. M. S. Hidayat, Perancangan Palu Tiang Pancang Mini, Pros. SNTTM XVIII, 9-10 Oktober 2019, KM18 1 (2019) KM18: 1-7. <http://prosiding.bkstm.org/prosiding/2019/KM18.pdf>.
- [38] T. Supriyono, Rancang bangun dan konstruksi “Mounting Support” solar module, Pros. SNTM 11 (2016) DS10–DS13.
- [39] R. D. Riyanindito, A. Sentana, T. Supriyono, Pembuatan Alat Bantu Pengangkut Tabung LPG 12 kg, 2019.

