

**PENGEMBANGAN SISTEM DETEKSI KEBOCORAN AIR
DENGAN INTEGRASI *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI)
BERBASIS PROTOKOL RS-485 DI LINGKUNGAN PUSAT DATA**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan dalam memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Mekatronika dan Kecerdasan Buatan

Oleh

Fauzie Salman

2102084

PROGRAM STUDI MEKATRONIKA DAN KECERDASAN BUATAN

KAMPUS UPI DI PURWAKARTA

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2025

LEMBAR HAK CIPTA

PENGEMBANGAN SISTEM DETEKSI KEBOCORAN AIR DENGAN INTEGRASI HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI) BERBASIS PROTOKOL RS-485 DI LINGKUNGAN PUSAT DATA

Oleh
Fauzie Salman
2102084

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi Mekatronika dan Kecerdasan Buatan

© **Fauzie Salman** 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

Fauzie Salman

NIM : 2102084

PENGEMBANGAN SISTEM DETEKSI KEBOCORAN AIR DENGAN INTEGRASI HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI) BERBASIS PROTOKOL RS-485 DI LINGKUNGAN PUSAT DATA

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing

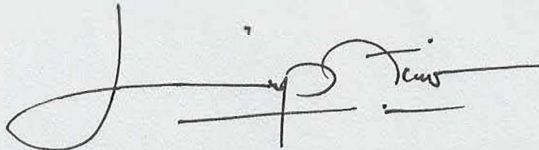
Pembimbing 1



Dewi Indriati Hadi Putri, S.Pd., M.T.

NIP. 920190219900126201

Pembimbing 2



Liptia Venica, S.T., M.T.

NIP. 920210919941203201

Mengetahui,

Ketua Program Studi Mekatronika Dan Kecerdasan Buatan



Dewi Indriati Hadi Putri, S.Pd., M.T.

NIP. 920190219900126201

**PENGEMBANGAN SISTEM DETEKSI KEBOCORAN AIR
DENGAN INTEGRASI *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI)
BERBASIS PROTOKOL RS-485 DI LINGKUNGAN PUSAT DATA**

Fauzie Salman

Dewi Indriati Hadi Putri, S.Pd., M.T.

Liptia Venica, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pusat data merupakan infrastruktur vital yang membutuhkan sistem pendingin berbasis air, yang berpotensi menimbulkan risiko kebocoran dan kerusakan serius pada perangkat server. Untuk menjawab tantangan ini, penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem deteksi kebocoran air yang terintegrasi dengan *Human Machine Interface* (HMI) untuk pemantauan secara *real-time*. Sistem memanfaatkan sensor kabel tipe *multi-wire* yang dihubungkan dengan kontroler ATL700 untuk mendeteksi keberadaan dan lokasi kebocoran secara presisi. Data hasil deteksi dikirimkan ke HMI TK-8070 menggunakan protokol komunikasi Modbus RTU berbasis RS-485 yang andal dalam lingkungan industri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi genangan air kecil (1–5 mL) dengan waktu respons antara 1,27 hingga 2,43 detik tergantung sensitivitas sensor. Komunikasi RS-485 tetap stabil hingga jarak 30 meter, meskipun terjadi peningkatan delay seiring panjang kabel bertambah. Tampilan visual HMI memberikan peringatan dini dengan delay rata-rata 1,68 detik, menunjukkan bahwa sistem ini efektif, akurat, dan dapat diandalkan untuk mengurangi risiko kerusakan akibat kebocoran air di pusat data.

Kata kunci: deteksi kebocoran air, HMI, pusat data, RS-485, Modbus RTU

**DEVELOPMENT OF A WATER LEAK DETECTION SYSTEM
WITH INTEGRATED HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)
BASED ON RS-485 PROTOCOL IN A DATA CENTER ENVIRONMENT**

Fauzie Salman

Dewi Indriati Hadi Putri, S.Pd., M.T.

Liptia Venica, S.T., M.T.

ABSTRACT

Data centers are critical infrastructures that rely on water-based cooling systems, which pose a risk of leakage and potential damage to server equipment. To address this issue, this study developed a water leak detection system integrated with a Human Machine Interface (HMI) for real-time monitoring. The system utilizes multi-wire cable sensors connected to an ATL700 controller to accurately detect the presence and location of water leaks. Detection data is transmitted to the TK-8070 HMI via the Modbus RTU protocol over RS-485, known for its reliability in industrial environments. Test results demonstrate that the system can detect small water puddles (1–5 mL) with a response time ranging from 1.27 to 2.43 seconds, depending on the sensor's sensitivity. RS-485 communication remained stable up to 30 meters, although response delay increased with cable length. The HMI effectively displays system status visually with an average delay of 1.68 seconds, providing early warnings for operators. The developed system proved to be accurate, reliable, and efficient in mitigating water leak risks in data center environments.

Keywords: *water leak detection, HMI, data center, RS-485, Modbus RTU*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR HAK CIPTA	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Struktur Organisasi Penulisan.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	9
2.1 Kebocoran Air.....	9
2.2 Deteksi Kebocoran Air.....	10
2.2.1 Metode Pembacaan Kebocoran Air	11
2.2.2 Standar Sensitivitas dan Waktu Respon.....	14
2.3 Lingkungan Pusat Data	14
2.3.1 Arsitektur pusat data	14
2.4 <i>Human Machine Interface</i>	17
2.5 Protokol Komunikasi	19
2.5.1 Protokol RS-232.....	19
2.5.2 Protokol RS-485.....	20
2.5.3 Protokol ModBus	22
2.6 Penelitian Relevan.....	23
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Jenis Penelitian.....	27

3.1.1	Analysis.....	28
3.1.1.1	Identifikasi Permasalahan	29
3.1.1.2	Kebutuhan Sistem	29
3.1.1.3	Studi Literatur	30
3.1.2	Design	30
3.1.2.1	Perancangan <i>Hardware</i>	31
3.1.2.1.1	<i>Flowchart Hardware</i>	31
3.1.2.1.2	Prinsip Kerja Alat.....	32
3.1.2.2	Perancangan <i>Software</i>	33
3.1.2.2.1	<i>Use Case Diagram Software</i>	34
3.1.2.2.2	Desain Antarmuka.....	36
3.1.3	Development	38
3.1.3.1	Integrasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	39
3.1.3.2	Integrasi Sistem dengan RS-485 dan HMI.....	40
3.1.4	Implementation	40
3.1.5	Evaluation	41
3.2	Instrumen Pengumpulan Data	43
3.2.1	Pengujian Sensor Multi-Wire.....	43
3.2.2	Pengujian Komunikasi RS-485	44
3.2.3	Pengujian HMI	44
3.2.3.1	Pengukuran Waktu Respon	45
3.2.3.2	<i>Usability Testing</i>	45
3.2.3.2.1	<i>System Usability Scale</i>	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		49
4.1	Hasil	49
4.1.1	Deskripsi Umum Sistem	49
4.1.2	Iplementasi Sistem Pendeteksi Kebocoran Air	52
4.1.3	Pengujian Sistem Pendeteksi Kebocoran Air.....	54
4.1.3.1	Pengujian Sensor.....	55
4.1.3.2	Pengujian Komunikasi RS-485	56
4.1.3.3	Pengujian HMI	57
4.1.3.3.1	Pengujian Respon HMI	58

4.1.3.3.2 Hasil <i>Usability Testing</i>	62
4.2 Pembahasan.....	63
4.2.1 Pengaruh Panjang Kabel dan Baudrate terhadap Kinerja Komunikasi Modbus RTU	63
4.2.2 Hubungan antara Sensitivitas Sensor terhadap Deteksi Air dan Waktu Respons	65
4.2.3 Respon HMI terhadap Data dari kontroler melalui RS485	66
BAB V PENUTUP	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Sensitivitas dan Waktu Respon.....	14
Tabel 2.2 Rekomendasi Waktu Performa HMI Pada Sistem SCADA/RTU	19
Tabel 2.3 Penelitian Relevan.....	23
Tabel 3.1 Penilaian Berbasis Skala Likert	47
Tabel 3.2 Kriteria Kelayakan	48
Tabel 4.1 Tabel Hasil Uji Sensor	55
Tabel 4.2 Uji Komunikasi RS-485.....	57
Tabel 4.3 Uji Respon HMI.....	58
Tabel 4.4 Hasil Mentah Kuisisioner SUS.....	62
Tabel 4.5 Hasil Akhir Kuisisioner SUS.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Raised Floor [1].....	10
Gambar 2.2 Cara Kerja <i>Multi-Wire</i> Sensor.....	12
Gambar 2.3 zona alarm	13
Gambar 2.4 Ilustrasi Arsitektur Fat Tree	15
Gambar 2.5 Klasifikasi Tier Pusat Data [3]	16
Gambar 2.6 <i>Human Machine Interface</i> [4].....	18
Gambar 2.7 Protokol Komunikasi RS-232	20
Gambar 2.8 Contoh Protokol RS-485 [5]	21
Gambar 2.9 Modbus RTU dengan RS-485	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2 <i>Flowchart Analysis</i>	29
Gambar 3.3 <i>Flowchart Hardware</i>	32
Gambar 3.4 Prinsip Kerja Sistem.....	33
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> Perancangan Software	34
Gambar 3.6 <i>Use Case Diagram Human Machine Interface</i>	35
Gambar 3.7 Tampilan Awal HMI	36
Gambar 3.8 Tampilan Status Lantai	37
Gambar 3.9 Tampilan Saat Sensor Terputus.....	37
Gambar 3.10 Tampilan Saat Terjadi Kebocoran.....	38
Gambar 3.11 <i>Flowchart Development</i> Sistem Deteksi Kebocoran Air	39
Gambar 3.12 Arsitektur Sistem Pendeteksi Kebocoran Air dengan Integrasi HMI	39
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> Tahap Implementasi	41
Gambar 3.14 <i>Flowchart</i> Evaluasi Sistem Deteksi Kebocoran Air	43
Gambar 3.15 Pengatur Sensitivitas Pembacaan Sensor	44
Gambar 4.1 <i>Raised Floor dengan Sensor</i>	50
Gambar 4.2 Struktur Kabel	51
Gambar 4.3. Bentuk Fisik Sistem Deteksi Kebocoran Air	53
Gambar 4.4 Instalasi Pemasangan Sensor <i>Multi-Wire</i> Pada Pipa	53
Gambar 4.5 Rangkaian Fisik Sistem Deteksi Kebocoran Air.....	54

Gambar 4.6 Tampilan menu lantai saat terjadi kebocoran.....	59
Gambar 4.7 Tampilan awal saat terjadi kebocoran.....	59
Gambar 4.8 Tampilan awal saat kabel terputus	60
Gambar 4.9 Status break	60
Gambar 4.10 Tampilan saat kondisi safe	61
Gambar 4.11 Tampilan Home saat kondisi safe	61
Gambar 4.12 Grafik Pengaruh Panjang Kabel terhadap Waktu Respon	63
Gambar 4.13 Pengaruh sensitivitas sensor terhadap waktu respon.....	65
Gambar 4.14 Grafik Waktu Respon HMI.....	66

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berikut memuat berbagai referensi yang digunakan sebagai landasan teoritis, metodologis, serta pendukung dalam penyusunan dan pelaksanaan penelitian ini. Sumber-sumber yang tercantum mencakup buku, jurnal ilmiah, artikel, serta dokumen teknis yang relevan dengan topik sistem deteksi kebocoran air, *Human Machine Interface* (HMI), komunikasi RS-485, serta metode *usability testing*. Setiap referensi dipilih secara cermat untuk memastikan validitas dan kualitas informasi yang mendukung proses perancangan serta analisis hasil dalam penelitian ini.

- [1] H. I. Bahari and S. S. M. Shariff, "Review on data center issues and challenges: Towards the Green Data Center," *Proc. - 6th IEEE Int. Conf. Control Syst. Comput. Eng. ICCSCE 2016*, no. November, pp. 129–134, 2017, doi: 10.1109/ICCSCE.2016.7893558.
- [2] J. H. Moedjahedy and M. Taroreh, "Green Data Center Analysis and Design for Energy Efficiency Using Clustered and Virtualization Method," *2019 1st Int. Conf. Cybern. Intell. Syst. ICORIS 2019*, vol. 1, no. August, pp. 177–180, 2019, doi: 10.1109/ICORIS.2019.8874886.
- [3] J. Wan, X. Gui, S. Kasahara, Y. Zhang, and R. Zhang, "Air Flow Measurement and Management for Improving Cooling and Energy Efficiency in Raised-Floor Data Centers: A Survey," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 48867–48901, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2866840.
- [4] D. Jia, X. Lv, T. Guo, C. Xu, and C. Liu, "Design of a New Integrated Air-Water Cooling Method to Improve Energy Use in Data Centers," *2024 6th Int. Conf. Energy Syst. Electr. Power*, pp. 214–217, 2024, doi: 10.1109/icesep62218.2024.10652212.
- [5] J. Cho, B. Park, and S. Jang, "Development of an independent modular air containment system for high-density data centers: Experimental investigation of row-based cooling performance and PUE," *Energy*, vol. 258, p. 124787, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124787>.
- [6] S. Sarkar, R. Gupta, T. Roy, R. Ganguly, and C. M. Megaridis, "Review of jet impingement cooling of electronic devices: Emerging role of surface engineering," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 206, p. 123888, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.123888>.
- [7] A. Chauhan and S. G. Kandlikar, "Characterization of a dual taper thermosiphon loop for CPU cooling in data centers," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 146, pp. 450–458, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.10.010>.
- [8] J. Bao, Y. Wang, X. Xu, X. Niu, J. Liu, and L. Qiu, "Analysis on the influences of atomization characteristics on heat transfer characteristics of spray cooling," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 51, no. August, p. 101799, 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101799.
- [9] K. S. Ng, P. Y. Chen, and Y. C. Tseng, "A design of automatic water leak detection device," *2017 2nd Int. Conf. Opto-Electronic Inf. Process. ICOIP 2017*, pp. 70–73, 2017, doi: 10.1109/OPTIP.2017.8030701.
- [10] A. D. Prasetya, H. Haryanto, and K. A. Wibisono, "Rancang Bangun Sistem

- Monitoring dan Pendeteksi Lokasi Kebocoran Pipa Berdasarkan Analisis Debit Air Berbasis IoT,” *Elektrika*, vol. 12, no. 1, p. 39, 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i1.2338.
- [11] R. Khelif, M. Kharrat, M. Elleuchi, A. M. Obeid, and M. Abid, “A multi-wire based technique for leak detection and localization in underground water pipelines,” *2020 Int. Wirel. Commun. Mob. Comput. IWCMC 2020*, pp. 143–148, 2020, doi: 10.1109/IWCMC48107.2020.9148268.
 - [12] W. N, “Analisis Terjadinya Kebocoran Pipa Manifold Pada Saat Loading Avtur DI MT.Sungai Gerong,” 2021.
 - [13] R. Rijal Syah, “Rancang Bangun Alat Deteksi Kebocoran Pipa Distribusi Air Berbasis Sensor Tekanan dan Mikrokontroler,” *Tugas Akhir*, p. 6, 2018.
 - [14] H. Lin, H. Lin, X. Fang, M. Wang, and L. Huang, “Intelligent pipeline leak detection and analysis system,” *15th Int. Conf. Comput. Sci. Educ. ICCSE 2020*, no. Iccse, pp. 206–210, 2020, doi: 10.1109/ICCSE49874.2020.9201761.
 - [15] R. Khelif, M. Kharrat, and M. Abid, “A novel design of the multi-wire-based solution for water leak detection and localisation in buried pipes,” *Int. J. Sens. Networks*, vol. 39, no. 2, pp. 83–92, 2022.
 - [16] Y. Wu, “Low-cost soft sensors and robots for leak detection in operating water pipes,” 2018, [Online]. Available: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/118022>
 - [17] R. B. Huwae, A. H. Jatmika, and N. Alamsyah, “Analisa Perbandingan Arsitektur Data Center Switch Centric Dan Server Centric Pada Sistem E-Voting,” *J. Teknol. Informasi, Komputer, dan Apl. (JTika)*, vol. 5, no. 2, pp. 206–216, 2023, doi: 10.29303/jtika.v5i2.354.
 - [18] W.-C. Lai and C.-T. Chiu, “Data Center Switch for Load Balanced Fat-Trees,” *J. Signal Process. Syst.*, vol. 71, no. 3, pp. 173–187, 2013, doi: 10.1007/s11265-012-0710-6.
 - [19] J. Alqahtani and B. Hamdaoui, “Rethinking Fat-Tree Topology Design for Cloud Data Centers,” in *2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/GLOCOM.2018.8647774.
 - [20] X. Wang, J.-X. Fan, C.-K. Lin, J.-Y. Zhou, and Z. Liu, “BCDC: A High-Performance, Server-Centric Data Center Network,” *J. Comput. Sci. Technol.*, vol. 33, no. 2, pp. 400–416, 2018, doi: 10.1007/s11390-018-1826-3.
 - [21] I. Imnadir and I. D. Zai, “Penerapan Plc Hmi (Human Machine Interface) Untuk Monitoring Objek Pada Sistem Pengisian Minuman Ke Dalam Botol,” *Bul. Utama Tek.*, vol. 18, no. 1, pp. 47–53, 2022, doi: 10.30743/but.v18i1.5851.
 - [22] A. A. Akbar and A. Stefanie, “Implementasi Human Machine Interface Untuk Panel Motor Control Center Di Pt. Solusi Indosistem Otomat,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 78–86, 2023, doi: 10.23917/emit.v1i1.21095.
 - [23] T. Tosin, “Perancangan dan Implementasi Komunikasi RS-485 Menggunakan Protokol Modbus RTU dan Modbus TCP Pada Sistem Pick-By-Light,” *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 10, no. 1, pp. 85–91, 2021, doi:

- 10.34010/komputika.v10i1.3557.
- [24] N. Septianti and R. Rahmadewi, "Sistem Komunikasi Antar Arduino Menggunakan Protokol RS485," *J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 6, no. 1, pp. 209–218, 2024, doi: 10.33650/jeecom.v6i1.8398.
 - [25] A. S. P. Ananda, I. M. Ii Munadhif, I. R. Isa, R. Y. A. Ryan, and R. I. Rini, "Integrasi Sistem Komunikasi Modbus TCP/IP pada PLC Siemens S7-1200, ESP32, dan HMI," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 234–244, 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i2.3254.
 - [26] J. Kusuma and M. Rifai, "Implementasi Protokol Komunikasi Modbus Untuk Mini Scada Pada Plant Pengisian Serbuk Temulawak," vol. 2, no. 5, pp. 314–326, 2024.
 - [27] R. Darrylivan, P. Hadisyah, I. Sutrisno, and J. Endrasmono, "Komunikasi PLC LE3U dan Haiwell HMI D4-W Menggunakan Modbus Serial RS-485," vol. 11, no. September, 2024.
 - [28] M. T. Islam and S. Aslan, "Leak detection and location pinpointing in water pipeline systems using a wireless sensor network," *Proc. - IEEE Int. Symp. Circuits Syst.*, vol. 2021-May, pp. 0–6, 2021, doi: 10.1109/ISCAS51556.2021.9401106.
 - [29] G. Dvajasvie, B. P. K. Farisha, S. N. Babu, K. P. Saheen, and N. C. Binoy, "Leak Detection in Water-Distribution Pipe System," *Proc. 2nd Int. Conf. Intell. Comput. Control Syst. ICICCS 2018*, no. Iciccs, pp. 1151–1154, 2018, doi: 10.1109/ICCONS.2018.8663193.
 - [30] N. Giaquinto, G. M. Draucelli, R. Dringillo, F. Prudenzeno, and F. Attivissimo, "Development of a sensor for leak detection in underground water pipelines," *2018 IEEE Int. Work. Metrol. Sea; Learn. to Meas. Sea Heal. Parameters, MetroSea 2018 - Proc.*, pp. 268–272, 2018, doi: 10.1109/MetroSea.2018.8657898.
 - [31] N. A. Moni, B. Sigweni, M. Mangwala, and L. Kolobe, "Water Leak Detection from Irrigation Pipelines in Botswana using Vibration Interpretation Technique," *IEEE AFRICON Conf.*, vol. 2019-Septe, 2019, doi: 10.1109/AFRICON46755.2019.9133829.
 - [32] D. C. Ferino, R. P. Jose, J. R. M. Ochoa, V. V. Villamiel, and E. J. P. Meynard Arana, "Development of Leak Detection System for PVC Pipeline Through Vibro-Acoustic Emission," *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2018-Octob, no. October, pp. 2557–2560, 2018, doi: 10.1109/TENCON.2018.8650536.
 - [33] Okpatrioka Okpatrioka, "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan," *Dharma Acariya Nusantara. J. Pendidikan, Bhs. dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86–100, 2023, doi: 10.47861/jdan.v1i1.154.
 - [34] W. Yuliani and N. Banjarnahor, "Metode penelitian pengembangan (rnd) dalam bimbingan dan konseling," *Quanta J.*, vol. 5, no. 3, pp. 111–118, 2021.
 - [35] Ni Luh Surya Wardani, I Gede Mahendra Darmawiguna, and Nyoman Sugihartini, "Usability Testing Sesuai dengan ISO 9241-11 pada Sistem Informasi Program Pengalaman Lapangan Universitas Pendidikan Ganesha

Ditinjau dari Pengguna Mahasiswa,” *Kumpul. Artik. Mhs. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 8, 2019.

- [36] M. F. Alpharajasa, A. P. Kharisma, and ..., “Pengembangan Aplikasi Perangkat Bergerak Sistem Pendataan Inventaris UKM FILKOM UB,” ... *Teknol. Inf. dan ...*, vol. 7, no. 7, 2023, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/12779%0Ahttp://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/12779/5903>