

Tentang Penulis



Basuki Rahmat, adalah Dosen Program Studi S2 Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Beliau menerima gelar Sarjana Fisika Bidang Instrumentasi dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 1995, menerima gelar Magister Teknik Program Instrumentasi dan Kontrol Institut Teknologi Bandung pada tahun 2000, dan menerima gelar Doktor Teknik Elektro Bidang Jaringan Cerdas Multimedia dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2018. Minat penelitiannya adalah di bidang komputasi cerdas, kendali cerdas, komputer visi, drone, robotika, pemrograman PHP, arduino dan python.



Muljono, adalah Dosen Program Studi Doktor Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro Semarang. Beliau menerima gelar Sarjana Matematika dari Universitas Diponegoro Semarang pada tahun 1996, menerima gelar Magister Komputer dari STTIBI Jakarta pada tahun 2001, dan menerima gelar Doktor Teknik Elektro Bidang Jaringan Cerdas Multimedia dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2016. Minat penelitiannya adalah di bidang Kecerdasan Buatan, Data Mining, Pemrosesan Bahasa Alami dan Rekayasa Perangkat Lunak.

PEMROGRAMAN INTERNET OF THINGS (IoT) DENGAN ARDUINO DAN PYTHON JILID 1

Basuki Rahmat
Muljono



PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**PEMROGRAMAN INTERNET OF THINGS (IoT) DENGAN
ARDUINO DAN PYTHON
JILID 1**

Penulis : Basuki Rahmat
Muljono

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Husnun Nur Afifah

ISBN : 978-623-120-596-4 (no.jil.lengkap)
978-623-120-597-1 (jil.1)

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, APRIL 2024**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekaediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Segala puji bagi Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan buku yang berjudul “Pemrograman Internet of Things (IoT) dengan Arduino dan Python” Jilid 1. Sholawat serta salam untuk Baginda Nabi Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaat beliau di hari akhir.

Semoga buku ini bisa menjadi salah satu Buku Referensi untuk para dosen, mahasiswa, guru, pelajar, dan peneliti, serta siapa saja yang ingin mempelajari dan mengembangkan penelitian tentang Pemrograman Berbasis Internet of Things (IoT).

Kami menyadari bahwa buku ini masih banyak kekurangan. Kritik, saran dan diskusi lebih lanjut, serta peluang kerjasama riset, dan lain-lain, bisa disampaikan melalui alamat email: basukirahmat.if@upnjatim.ac.id dan muljono@dsn.dinus.ac.id.
Terimakasih.

Surabaya, Maret 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Konsep dan Teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT)	1
B. Sistem IoT.....	3
C. Aplikasi IoT.....	6
D. IoT dengan MQTT Broker.....	6
E. IoT Mobile dengan IoT MQTT Panel.....	9
BAB 2 BERKENALAN DENGAN MIKROKONTROLER	
DOIT ESP32 DEVKIT V1	11
A. Hardware DOIT ESP32 DEVKIT V1.....	11
B. Konfigurasi Pin DOIT ESP32 DEVKIT V1	13
C. Pemrograman Mikrokontroler ESP32	15
BAB 3 BERKENALAN DENGAN KIT ITCLAB	24
A. Konsep dan Teknologi iTCLab.....	24
B. Bagaimana Mendapatkan Kit iTCLab.....	26
C. Pemodelan Dinamis Sistem Pemanas	28
D. Pemrograman Dasar Kit iTCLab dengan Arduino	33
E. Pemrograman Dasar Kit iTCLab dengan Python.....	53
BAB 4 REVIEW SISTEM KENDALI PID	68
A. Konsep Sistem Kendali PID.....	68
B. Proses Penalaan Parameter PID	70
BAB 5 PEMROGRAMAN PID	74
A. Pemrograman PID Dasar	74
B. Pemrograman PID-iTCLab dengan Arduino	77
C. Pemrograman PID-iTCLab dengan Arduino-Python..	84
D. Pemrograman PID-iTCLab dengan Arduino-Python	
GUI.....	98
BAB 6 PEMROGRAMAN IOT	104
A. Review Sistem Dasar IoT	104
B. Pemrograman IoT On/Off.....	105

C. Pemrograman Pemantauan PID-iTCLab dengan IoT.....	119
D. Pemrograman Pengendalian PID-iTCLab dengan IoT.....	131
BAB 7 PENUTUP	151
DAFTAR PUSTAKA	152
TENTANG PENULIS	155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.	Arsitektur IoT [2]	2
Gambar 1. 2.	Contoh arsitektur berbasis IoT untuk bidang kesehatan [3].....	4
Gambar 1. 3.	Contoh penerapan IoT pada Smart City [4]	5
Gambar 1. 4.	Sistem IoT [5].....	6
Gambar 1. 5.	hivemq.com	8
Gambar 1. 6.	Free Public MQTT Broker hivemq	9
Gambar 1. 7.	IoT MQTT Panel.....	10
Gambar 1. 8.	IoT MQTT Panel siap digunakan	10
Gambar 2. 1.	Mikrokontroler DOIT ESP32 DEVKIT V1	12
Gambar 2. 2.	Konfigurasi Pin DOIT ESP32 DEVKIT V1.....	13
Gambar 2. 3.	Konfigurasi Pin mikrokontroler DOIT ESP32 DEVKIT V1	14
Gambar 2. 4.	Download Arduino IDE 2.3.1	16
Gambar 2. 5.	Persiapan Instalasi Arduino IDE IDE 2.3.1	17
Gambar 2. 6.	Tekan Next.....	17
Gambar 2. 7.	Lokasi Instalasi.....	18
Gambar 2. 8.	Proses Instalasi	18
Gambar 2. 9.	Proses Instalasi Selesai	19
Gambar 2. 10.	Download library otomatis tunggu sampai selesai	19
Gambar 2. 11.	Arduino IDE 2.3.1 siap digunakan	20
Gambar 2. 12.	Pengaturan Board ESP32	20
Gambar 2. 13.	Ketik dan Pilih ESP32.....	21
Gambar 2. 14.	Proses Instalasi Board ESP32	22
Gambar 2. 15.	Instalasi Board ESP32 Sukses	22
Gambar 2. 16.	Pemilihan Board DOIT ESP32 DEVKIT V1.....	23
Gambar 2. 17.	Board DOIT ESP32 DEVKIT V1 siap digunakan..	23
Gambar 3. 1.	Kit iTCLab Hasil Riset Dosen Kampus Bela Negara	25
Gambar 3. 2.	Perbedaan iTCLab dan TCLab Kampus BYU.....	26
Gambar 3. 3.	i-ot.net	27
Gambar 3. 4.	iTCLab di i-ot.net.....	27
Gambar 3. 5.	iTCLab di Shopee.....	28

Gambar 3. 6.	Pemanas iTCLab	29
Gambar 3. 7.	iTCLab terhubung ke Laptop	33
Gambar 3. 8.	Pengaturan File - Preferences	34
Gambar 3. 9.	Pengaturan File - Preferences (Lanjutan)	34
Gambar 3. 10.	Pilih Port iTCLab.....	35
Gambar 3. 11.	Pilih Upload Speed 115200	36
Gambar 3. 12.	LED ESP32	37
Gambar 3. 13.	Simpan Program Blink	38
Gambar 3. 14.	Program Blink.....	38
Gambar 3. 15.	Proses Upload Sukses.....	39
Gambar 3. 16.	LED berkedip (blink)	39
Gambar 3. 17.	Gambaran kinerja Kit TCLab BYU	40
Gambar 3. 18.	Proses upload Program iTCLab_Testing	46
Gambar 3. 19.	Proses upload Program iTCLab_Testing Berhasil	46
Gambar 3. 20.	Tools - Serial Monitor	47
Gambar 3. 21.	Hasil Pembacaan Suhu iTCLab.....	48
Gambar 3. 22.	Menuju Batas Atas suhu iTCLab	48
Gambar 3. 23.	Diagram Siklus Kerja.....	50
Gambar 3. 24.	Proses upload Program PWM_Testing.....	52
Gambar 3. 25.	Upload Program PWM_Testing selesai	52
Gambar 3. 26.	Perubahan Kecerahan dari LED Kit iTCLab Sesuai Siklus Kerja PWM.....	53
Gambar 3. 27.	Proses upload Program arduino_python.ino	60
Gambar 3. 28.	Program arduino_python.ino berhasil di-upload	61
Gambar 3. 29.	Hasil pengujian Kit iTCLab dengan Python	66
Gambar 3. 30.	Hasil pengujian Kit iTCLab dengan Python Lanjutan.....	67
Gambar 4. 1.	Sistem Kendali PID	68
Gambar 4. 2.	Respon Sistem terhadap Masukan Fungsi Step	71
Gambar 4. 3.	Respon Sistem Berbentuk Kurva S	71
Gambar 4. 4.	Sistem Lup-Tertutup dengan Pengendali Proporsional.....	72
Gambar 4. 5.	Periode P_{cr} dari Osilasi Keluaran Sistem	72
Gambar 5. 1.	Simulasi Penalaan Parameter PID	74

Gambar 5. 2.	Contoh hasil proses penalaan nilai parameter K_c , τ_I dan τ_D pengendali PID terhadap keluaran sistem.....	77
Gambar 5. 3.	Proses upload program PID_Arduino.ino	83
Gambar 5. 4.	Proses upload PID_Arduino.ino sukses	83
Gambar 5. 5.	Hasil pengendalian PID pada Kit iTCLab.....	84
Gambar 5. 6.	Proses Upload PID_Python.ino	90
Gambar 5. 7.	Proses Upload PID_Python.ino Sukses	91
Gambar 5. 8.	Contoh hasil pengendalian PID pada Kit iTCLab menggunakan Python.....	98
Gambar 5. 9.	Penyesuaian dengan Kit iTCLab	99
Gambar 5. 10.	Penyesuaian semua TCLab diganti dengan iTCLab.....	100
Gambar 5. 11.	Tampilan Program demo.ipynb	100
Gambar 5. 12.	Contoh Hasil Pengendalian Demo PID Python GUI	101
Gambar 5. 13.	Copy Program Demo PID untuk PID-iTCLab....	102
Gambar 5. 14.	Penyesuaian dari Demo PID ke PID-iTCLab.....	103
Gambar 5. 15.	Contoh Hasil Pengendalian PID-iTCLab Python GUI.....	103
Gambar 6. 1.	Cara Install Library Arduino	112
Gambar 6. 2.	Tombol Install library PubSubClient	112
Gambar 6. 3.	Library PubSubClient berhasil diinstall	113
Gambar 6. 4.	Proses upload program IoT_OnOff.ino	113
Gambar 6. 5.	Upload program IoT_OnOff.ino sukses	114
Gambar 6. 6.	Pengaturan IoT MQTT Panel di Ponsel (a)	115
Gambar 6. 7.	Pengaturan IoT MQTT Panel di Ponsel (b)	116
Gambar 6. 8.	Pengaturan IoT MQTT Panel di Ponsel (c).....	117
Gambar 6. 9.	Contoh hasil pemantauan dan pengendalian Kit iTCLab secara On/Off via IoT MQTT Panel di Ponsel.....	118
Gambar 6. 10.	Proses upload program IoT_Monitor.ino.....	127
Gambar 6. 11.	Proses upload program IoT_Monitor.ino sukses.....	127
Gambar 6. 12.	Contoh hasil pemantauan suhu PID-iTCLab melalui tampilan Serial Monitor di laptop.....	128
Gambar 6. 13.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (a).....	129

Gambar 6. 14.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (b)	129
Gambar 6. 15.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (c).....	130
Gambar 6. 16.	Contoh hasil pemantauan PID-iTCLab via IoT	131
Gambar 6. 17.	Arsitektur sistem pengendalian suhu menggunakan PID-iTCLab via IoT.....	132
Gambar 6. 18.	Konsep penalaan parameter PID-iTCLab berbasis IoT melalui Ponsel	133
Gambar 6. 19.	Proses upload program IoT_Control.ino	142
Gambar 6. 20.	Proses upload program IoT_Control.ino sukses	143
Gambar 6. 21.	Contoh hasil pengendalian suhu PID-iTCLab melalui tampilan Serial Monitor	143
Gambar 6. 22.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (a)	144
Gambar 6. 23.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (b)	145
Gambar 6. 24.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (c).....	146
Gambar 6. 25.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (d).....	147
Gambar 6. 26.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (e)	148
Gambar 6. 27.	Pengaturan di IoT MQTT Panel (f)	149
Gambar 6. 28.	Contoh hasil pengendalian suhu PID-iTCLab via IoT	150

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Hardware DOIT ESP32 DEVKIT V1	12
Tabel 3. 1. Karakteristik pemanas iTCLab	29
Tabel 4. 1. Aturan Ziegler-Nichols Metode Pertama	71
Tabel 4. 2. Aturan Ziegler-Nichols metode kedua	73

BAB

1

PENDAHULUAN

A. Konsep dan Teknologi *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah area yang muncul di mana milyaran objek pintar saling berhubungan satu sama lain menggunakan internet untuk berbagi data dan sumber daya [1]. Teknologi IoT memungkinkan benda-benda di sekitar kita saling terhubung dengan jaringan internet. Dimana setiap benda yang terhubung dengan internet bisa diakses kapan saja dan dimana saja. Contohnya, dari jarak jauh kita bisa menghidup-matikan peralatan di rumah (lampu, televisi, kompor, pemanas, dan lain-lain) selama peralatan terhubung ke *cloud* IoT dan tersedia koneksi internet. Secara umum arsitektur IoT terdiri dari *Application Layer*, *Middleware Layer*, *Network Layer*, dan *Physical Layer*, seperti diperlihatkan pada Gambar 1.1 [2].

BAB

2

BERKENALAN DENGAN MIKROKONTROLER DOIT ESP32 DEVKIT V1

A. Hardware DOIT ESP32 DEVKIT V1

DOIT ESP32 DevKit V1 adalah salah satu papan pengembangan yang dibuat oleh DOIT untuk mengevaluasi modul ESP-WROOM-32. Papan ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang menawarkan dukungan Wifi, Bluetooth, Ethernet, dan Daya Rendah dalam satu chip tunggal [7].

Platform Espressif 32: ESP32 adalah rangkaian mikrokontroler sistem-pada-chip (SoC) dengan biaya rendah dan konsumsi daya rendah, yang terintegrasi dengan Wi-Fi dan Bluetooth. ESP32 dilengkapi dengan modul sakelar antena, balun RF, penguat daya, penguat penerima low-noise, filter, dan modul manajemen daya [7]. Papan ini dirancang untuk proyek dan aplikasi *Internet of Things* (IoT).

BAB 3

BERKENALAN DENGAN KIT ITCLAB

A. Konsep dan Teknologi iTCLab

Di Era Industry 5.0 dan Society 5.0, kecepatan, ketepatan, dan kecerdasan, memegang peranan sangat penting dalam Proses Pengambilan Keputusan. Kerjasama dengan segala potensi yang kita miliki, terutama di bidang Teknologi Informasi, Internet of Things (IoT), Jaringan, Kontrol, dan Sistem Cerdas, memungkinkan untuk diterapkan di segala bidang kehidupan.

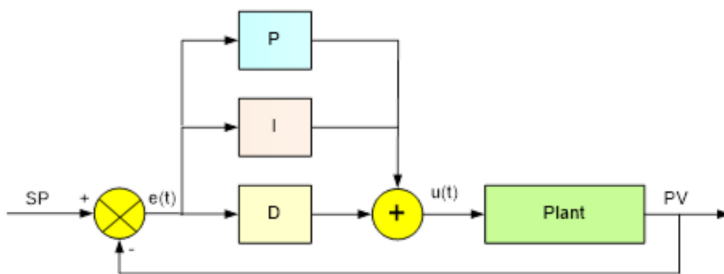
Salah satu wujud penguatan terhadap penguasaan pengetahuan dan teknologi di Era Industry 5.0 dan Society 5.0, antara lain dengan penguasaan teknologi Berbasis Kecerdasan Buatan dan Internet of Things (IoT). Kit *Internet-Based Temperature Control Lab* (iTCLab) merupakan salah satu sarana untuk menunjang hal tersebut.

BAB 4

REVIEW SISTEM KENDALI PID

A. Konsep Sistem Kendali PID

Sistem Kendali di industri yang paling terkenal adalah Sistem Kendali Proporsional Integral dan Derivatif (PID). Diagram blok Sistem Kendali PID seperti diperlihatkan pada Gambar 4.1. PID menggabungkan tiga aksi kendali proporsional, integral dan derivatif. Masing-masing aksi kendali ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kendali proporsional mempunyai keunggulan *rise time* yang sangat cepat, aksi kendali integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error*, dan aksi kendali derivatif mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam *overshoot*. Tujuan penggabungan ketiga aksi kendali ini agar dihasilkan keluaran dengan *risetime* yang cepat dan *error* yang kecil.



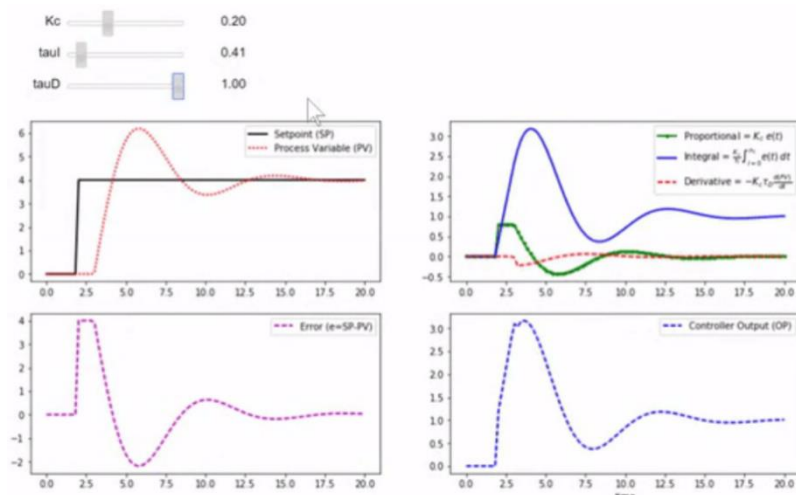
Gambar 4. 1. Sistem Kendali PID

Pengendali PID dalam kerjanya secara otomatis menyesuaikan keluaran kendali berdasarkan perbedaan antara *Setpoint* (SP) dan variabel proses yang terukur (PV), sebagai *error*

BAB 5 | PEMROGRAMAN PID

A. Pemrograman PID Dasar

Setelah mengetahui bagaimana Sistem Kendali Proporsional Integral dan Derivatif (PID) bekerja, selanjutnya dapat dikembangkan bagaimana teknik pemrograman PID. Pengaruh perubahan nilai parameter gain K_C , konstanta waktu integral τ_I dan konstanta waktu derivatif τ_D , terhadap kinerja Sistem Kendali PID, dapat dilihat dari simulasi berikut [15].



Gambar 5. 1. Simulasi Penalaan Parameter PID

Untuk merealisasikan bagaimana proses penalaan nilai K_C , τ_I dan τ_D dari pengendali PID, berikut ini program simulasi sistem kendali PID. Proses penalaan nilai K_C , τ_I dan τ_D dilakukan secara manual. Pemrograman Python untuk simulasi

BAB

6

PEMROGRAMAN

IoT

A. Review Sistem Dasar IoT

Inilah inti dari Buku Pemrograman Internet of Things (IoT) dengan Arduino dan Python ini. Jika Bab 1 sampai dengan Bab 5 sudah dikuasai dengan baik, maka sekaranglah saatnya belajar jurus paling ampuh dari Pemrograman IoT untuk Level Jilid 1 ini.

Seperti telah dijelaskan pada Bab 1, bahwa sistem dasar dari IoT terdiri dari 3 hal, yaitu:

1. Hardware/fisik (*Things*).
2. Koneksi internet, dan
3. *Cloud data center* sebagai tempat untuk menyimpan atau menjalankan aplikasinya.

Dengan demikian kebutuhannya adalah: Cloud IoT sebagai MQTT Broker, kemudian *Device*, dan Aplikasi yang berjalan di Ponsel. Dalam buku ini, MQTT Broker digunakan **hivemq.com**, *Device* digunakan **Kit iTCLab**, dan untuk aplikasi di Ponsel digunakan **IoT MQTT Panel**.

MQTT Broker dari hivemq, digunakan konfigurasi sebagai berikut:

Broker	: broker.hivemq.com
TCP Port	: 1883
Websocket Port	: 8000
TLS TCP Port	: 8883
TLS Websocket Port	: 8884

BAB

7

PENUTUP

Telah diuraikan dalam Buku Referensi Pemrograman Internet of Things (IoT) dengan Arduino dan Python, Jilid 1 ini. Dimulai dari Konsep dan Teknologi *Internet of Things* (IoT) serta persiapan apa saja yang dibutuhkan agar bisa bereksperimen dengan IoT. Kemudian diperkenalkan Mikrokontroler DOIT ESP32 Devkit V1 dan Kit *Internet-Based Temperature Control Lab* (iTCLab). Kemudian dilakukan *review* Sistem Kendali Proporsional Integral dan Derivatif (PID), dan bagaimana membuat program PID dengan Arduino dan Python. Terakhir bagaimana membuat program IoT untuk pengendalian suhu PID-iTCLab menggunakan Arduino dan Python.

Semoga Buku ini bermanfaat bagi siapa saja yang ingin melakukan penelitian di bidang IoT. Selanjutnya, untuk penggabungan teknologi IoT dengan *Artificial intelligence* (AI), insyaAllaah bisa dibaca pada Pemrograman Internet of Things (IoT) dengan Arduino dan Python, Jilid 2. Jika ingin berkomunikasi dengan penulis, bisa melalui alamat email: basukirahmat.if@upnjatim.ac.id dan muljono@dsn.dinus.ac.id. Salam sehat dan sukses selalu.

Maret 2024

Tim Penulis

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. K. Chahal, N. Kumar, and S. Batra, 'Trust management in social Internet of Things: A taxonomy, open issues, and challenges', *Comput Commun*, vol. 150, pp. 13–46, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.10.034>.
- [2] S. Ravidas, A. Lekidis, F. Paci, and N. Zannone, 'Access control in Internet-of-Things: A survey', *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 144, pp. 79–101, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.06.017>.
- [3] S. Zeadally and O. Bello, 'Harnessing the power of Internet of Things based connectivity to improve healthcare', *Internet of Things*, p. 100074, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100074>.
- [4] M. Gheisari, G. Wang, and S. Chen, 'An Edge Computing-enhanced Internet of Things Framework for Privacy-preserving in Smart City', *Computers & Electrical Engineering*, vol. 81, p. 106504, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.106504>.
- [5] anonymous, 'mCLOUD IoT Platform Services', *mthinx.com*, 2019.
- [6] M. Kashyap, V. Sharma, and N. Gupta, 'Taking MQTT and NodeMcu to IOT: Communication in Internet of Things', *Procedia Comput Sci*, vol. 132, pp. 1611–1618, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.126>.
- [7] Espressif, 'ESP32Series Datasheet'. 2024. [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentati%20n/esp32_datasheet_en.pdf
- [8] V. Mohanan, 'DOIT ESP32 DevKit V1 Wi-Fi Development Board - Pinout Diagram & Arduino Reference'. 2022. [Online]. Available: <https://www.circuitstate.com/pinouts/doit-esp32-devkit-v1-wifi-development-board-pinout-diagram-and-reference/>

- [9] B. Rahmat *et al.*, 'iTCLab PID Control Tuning Using Deep Learning', in *2023 IEEE 9th Information Technology International Seminar (ITIS)*, 2023, pp. 1–4. doi: 10.1109/ITIS59651.2023.10420130.
- [10] B. Rahmat, M. Waluyo, and T. A. Rachmanto, 'Temperature Monitoring via the Internet of Things Using PID-iTCLab', *Nusantara Science and Technology Proceedings*, vol. 2023, no. 33, pp. 197–203, 2023, [Online]. Available: <https://nstproceeding.com/index.php/nuscientech/article/view/939>
- [11] B. Rahmat, M. Waluyo, and T. A. Rachmanto, 'On/Off Temperature Monitoring and Control via the Internet of Things Using iTCLab Kit', *Nusantara Science and Technology Proceedings*, vol. 2023, no. 33, pp. 147–152, May 2023, doi: 10.11594/nstp.2023.3325.
- [12] B. Rahmat *et al.*, 'iTCLab Temperature Monitoring and Control System Based on PID and Internet of Things (IoT)', *IGI Global*, pp. 199–210, 2023, doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-5629-3.ch012>.
- [13] B. Y. U. BYU, 'Apmonitor.com', *Temperature Control Lab*. 2018. [Online]. Available: <http://apmonitor.com/pdc/index.php/Main/ArduinoTemperatureControl>
- [14] M. Maung, M. Latt, and C. Nwe, 'DC Motor Angular Position Control using PID Controller with Friction Compensation', *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, vol. 8, Mar. 2018, doi: 10.29322/IJSRP.8.11.2018.p8321.
- [15] B. Y. U. BYU, 'Apmonitor.com', *Proportional Integral Derivative (PID) Control*. 2018. [Online]. Available: <http://apmonitor.com/pdc/index.php/Main/ProportionalIntegralDerivative>

- [16] R. P. Batni, 'Modern control engineering: K. Ogata. 836 pages, diagrams, 6 × 9 in. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1970. Price, 18.50.', *J Franklin Inst*, vol. 293, no. 1, pp. 70-71, 1972, doi: [https://doi.org/10.1016/0016-0032\(72\)90146-9](https://doi.org/10.1016/0016-0032(72)90146-9).

TENTANG PENULIS



Basuki Rahmat, adalah Dosen Program Studi S2 Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Beliau menerima gelar Sarjana Fisika Bidang Instrumentasi dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 1995, menerima gelar Magister Teknik Program Instrumentasi dan Kontrol Institut Teknologi Bandung pada tahun 2000, dan menerima gelar Doktor Teknik Elektro Bidang Jaringan Cerdas Multimedia dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2018. Minat penelitiannya adalah di bidang komputasi cerdas, kendali cerdas, komputer visi, drone, robotika, pemrograman PHP, arduino dan python.



Muljono, adalah Dosen Program Studi Doktor Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro Semarang. Beliau menerima gelar Sarjana Matematika dari Universitas Diponegoro Semarang pada tahun 1996, menerima gelar Magister Komputer dari STTIBI Jakarta pada tahun 2001, dan menerima gelar Doktor Teknik Elektro Bidang Jaringan Cerdas Multimedia dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2016. Minat penelitiannya adalah di bidang Kecerdasan Buatan, Data Mining, Pemrosesan Bahasa Alami dan Rekayasa Perangkat Lunak.