

Design Training Kit STM32F1 ARM Cortex on Microprocessor and Microcontroller System

Junaidi Akbar^{1*}, Amin Suyitno², Jacob Febryadi Nithanel Dethan³

^{1, 2, 3} Electrical Engineering, Faculty of Science and Technology, Buddhi Dharma University, Tangerang, INDONESIA

*Corresponding Author, email : junaedi.akbar@ubd.ac.id

Received 2023-12-05; Revised 2024-01-11; Accepted 2024-02-20

Abstract

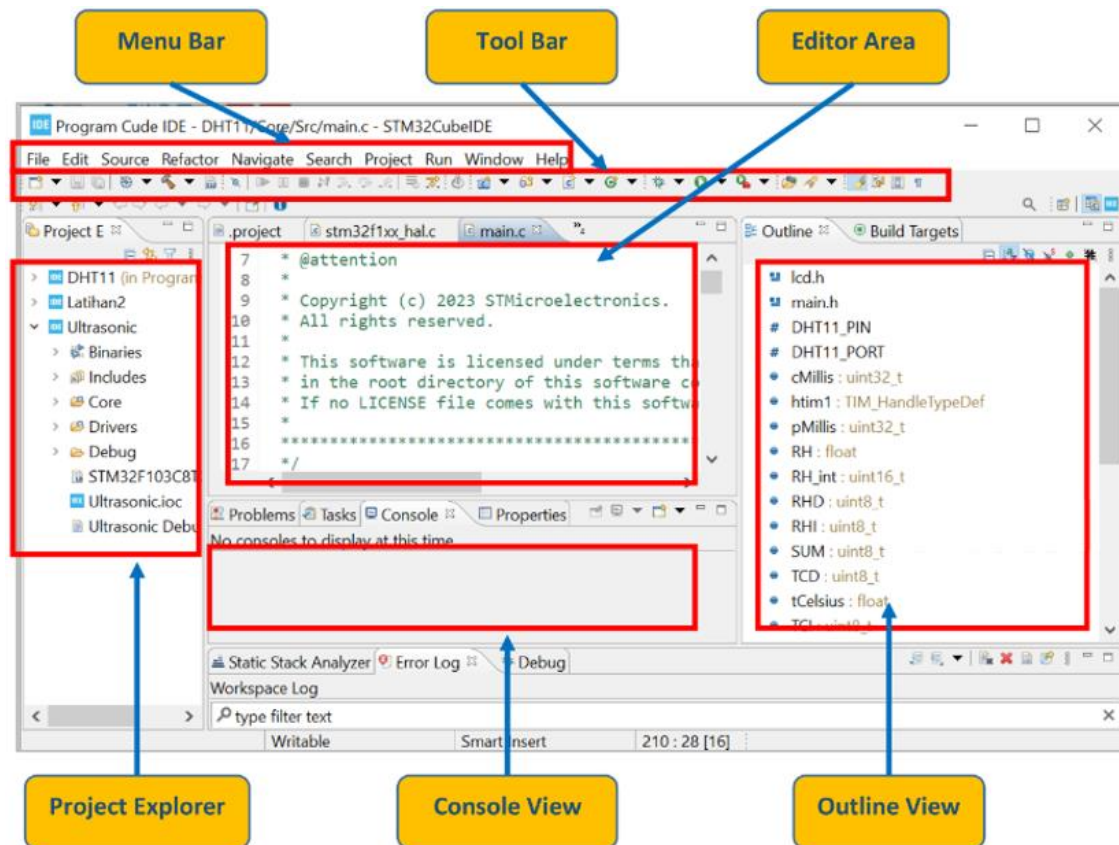
Along with the plan of the Electrical Engineering study program for laboratory development, especially the control system laboratory, the teaching team also prepares itself to make a laboratory development plan by multiplying practicum modules accompanied by training kits. To answer these problems, one of them is conducting laboratory-based research. The research conducted in the form of design of STM32F1 ARM Cortex training kit is used to learn the basic knowledge of using microprocessor and microcontroller system applications with its implementation in the form of I/O (Input/Output), LCD Interface (Liquid Crystal Display), HC-SR04 sensor to measure and detect an object, DHT11 Sensor to measure temperature, humidity and Thermostat, ADC (Analog Digital Converter) 12 Bit, PWM (Pulse Width Modulation) on Duty Cycle, RTC (Real Time Clock) for Digital Clock and Alarm. The results showed that the C/C++ program created using the STM32CubeIDE application for implementation consisting of 10 experiments ran successfully on the microprocessor and microcontroller system. So that the STM32F1 ARM Cortex Training Kit can be used in learning microprocessor and microcontroller system practicum.

Keywords: Training Kit; STM32F1 ARM Cortex; Microprocessor and Microcontroller System.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan teknologi mikroprosessor dan mikrokontroller telah memberikan kontribusi signifikan terhadap perkembangan berbagai sistem elektronik dan meluas dalam berbagai aplikasi termasuk otomasi industri, kendali perangkat dan sistem pintar [1][2]. Salah satu mikrokontroller yang populer adalah STM32F1 ARM Cortex yang menawarkan kinerja tinggi dan beragam fitur untuk aplikasi berbasis mikrokontroller [3][4]. Seiring dengan kompleksitas yang terus berkembang dalam desain sistem, penting bagi para pengembang, teknisi dan mahasiswa untuk memiliki pemahaman mendalam tentang penggunaan STM32F1 ARM Cortex dan kemampuan desain sistem mikroprosessor dan mikrokontroller [5][6]. Dalam konteks ini, pelatihan dan pendidikan yang efektif menjadi kunci untuk mempersiapkan generasi baru pengembang teknologi, training kit yang dirancang khusus untuk STM32F1 ARM Cortex akan memberikan alat yang efektif untuk memfasilitasi pembelajaran praktis dan pemahaman konsep yang solid [7]. Instansi pendidikan dan pelatihan mungkin menghadapi keterbatasan sumber daya dalam menyediakan lingkungan pembelajaran yang lengkap dan praktis untuk desain sistem mikroprosessor dan mikrokontroller [8]. Training kit dapat menjadi solusi untuk mengatasi hambatan ini, dikarenakan sistem mikroprosessor dan mikrokontroller melibatkan integrasi erat antara perangkat keras dan perangkat lunak [9][10]. Training kit dapat membantu pengguna memahami dinamika antara kedua aspek ini, sehingga mempersiapkan mereka untuk

menghadapi proyek - proyek nyata dalam peningkatan profesional di bidang teknik dan teknologi elektronika dari segi keterampilan [11][12]. Training kit ini dapat berfungsi sebagai alat yang efektif untuk pembaruan pengetahuan dan pengembangan keterampilan dalam desain sistem mikroprosesor dan mikrokontroler, berdasarkan datasheet STM32 ARM Cortex juga memiliki aplikasi yang lebih kompleks dan memiliki aplikasi sendiri untuk mengakses yaitu STM32CubeIDE dapat diakses secara maksimal dan berurutan [13].



Gambar 1. Aplikasi STM32CubeIDE

Seiring dengan rencana program studi Teknik Elektro untuk pengembangan laboratorium dan permasalahan terkait praktikum yang hanya melakukan simulasi dan belum adanya *training kit*, khususnya laboratorium sistem kendali, maka tim pengajar juga mempersiapkan diri membuat rencana alat laboratorium dengan *training kit*. Untuk menjawab permasalahan tersebut salah satunya berupa desain pembuatan *training kit* STM32F1 ARM Cortex digunakan untuk mempelajari dasar pengetahuan penggunaan aplikasi sistem mikroprosesor dan mikrokontroler dengan implementasinya berupa I/O (Input/Output), Interface LCD (Liquid Crystal Display), Sensor HC-SR04 untuk mengukur dan mendeteksi sebuah benda, Sensor DHT11 untuk mengukur suhu, kelembapan dan Thermostat, ADC (Analog Digital Converter) 12 Bit, PWM (Pulse Width Modulation) pada Duty Cycle, RTC (Real Time Clock) untuk Jam Digital dan Alarm [14][15][16][17][18][19][20]. Dengan adanya *training kit* bertujuan sebagai alat pembelajaran untuk pengguna dalam memahami konsep dan praktik desain sistem mikroprosesor dan mikrokontroler, dibalik itu *training kit* bermanfaat dalam peningkatan pemahaman konsep, keterampilan praktis, pengaplikasian pengetahuan dalam proyek nyata, meningkatkan daya saing profesional dan kontribusi terhadap pendidikan.

2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari Desain *Training Kit*, Pembuatan *Training Kit*, Pengambilan atau Pengujian Data implementasi output mikrokontroler, testing dan Pengukuran.



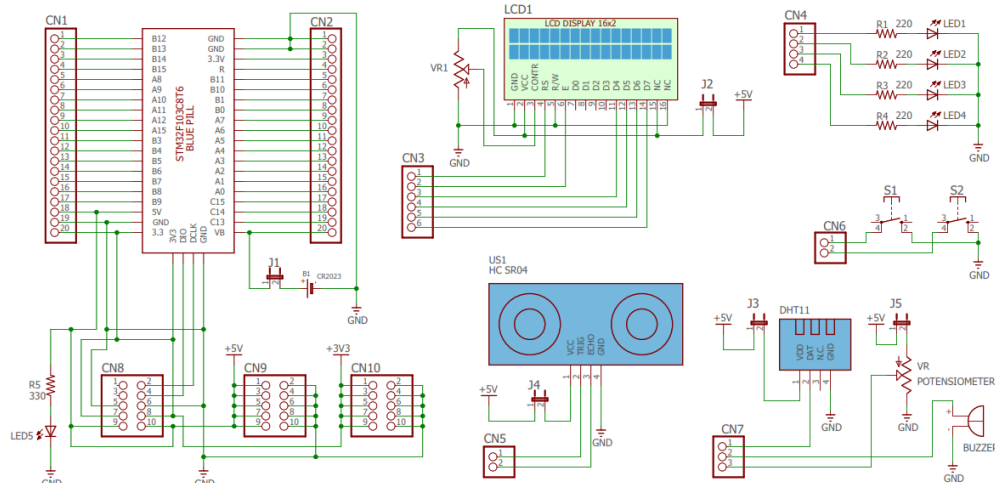
Gambar 1. Prosedur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan desain dan pembuatan *training kit* STM32 ARM Cortex, serta melakukan pengujian program C/C++ yang dibuat pada implementasi output yang terdiri dari 10 percobaan praktikum sistem mikroprosessor dan mikrokontroler.

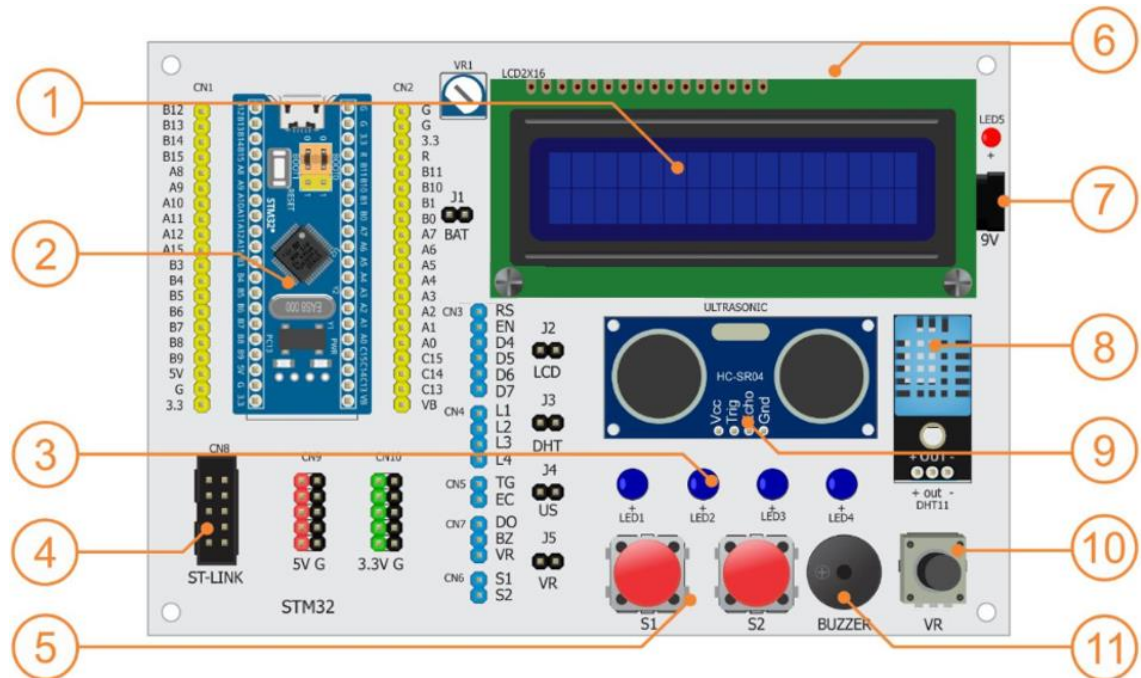
3.1 Desain Training Kit

Pada tahap ini melakukan sebuah perancangan desain sebagai acuan dalam pembuatan alat praktikum yang terdiri dari *schematic* rangkaian dan model desain,, dapat dilihat pada gambar 3 sebagai *schematic* rangkaian.



Gambar 3: Schematic Rangkaian Training Kit STM32 ARM Cortex

Pada desain model sebagai bentuk gambaran *training kit* STM32 ARM Cortex yang akan diimplementasikan pada sistem mikroprosesor dan mikrokontroler, desain model dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4: Desain Model *Training Kit* STM32 ARM Cortex

Berdasarkan dari desain model, adapun komponen penyusun peripeheral *training kit* STM32 Cortex ARM terdapat pada Tabel 1.

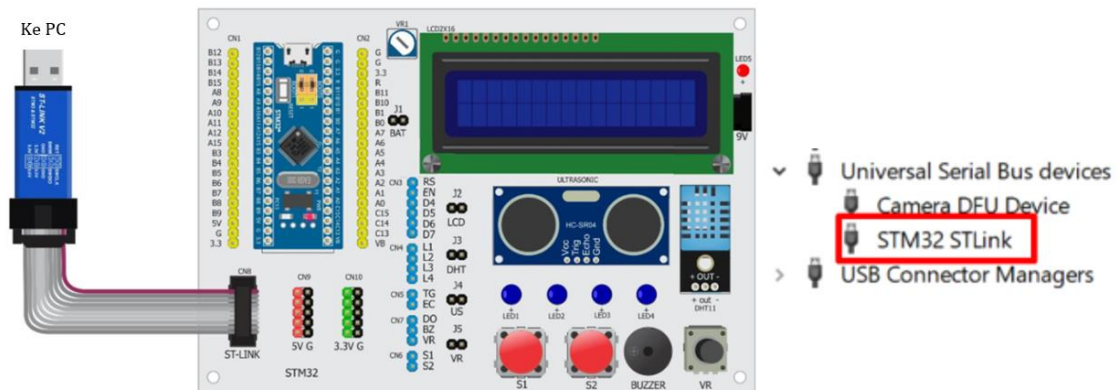
Tabel 1: Peripheral Desain Model *Training Kit* STM32

No	Peripheral
1	LCD Display 16x2
2	STM32F103C8T6
3	4x LED
4	Konektor ST-LINK V2
5	2x Switch Push Button
6	Baterai 3.3V
7	DC Input (9V/2A)
8	Sensor DHT11
9	Sensor Ultrasonik
10	Potensiometer
11	Buzzer

3.2 Pembuatan *Training Kit*

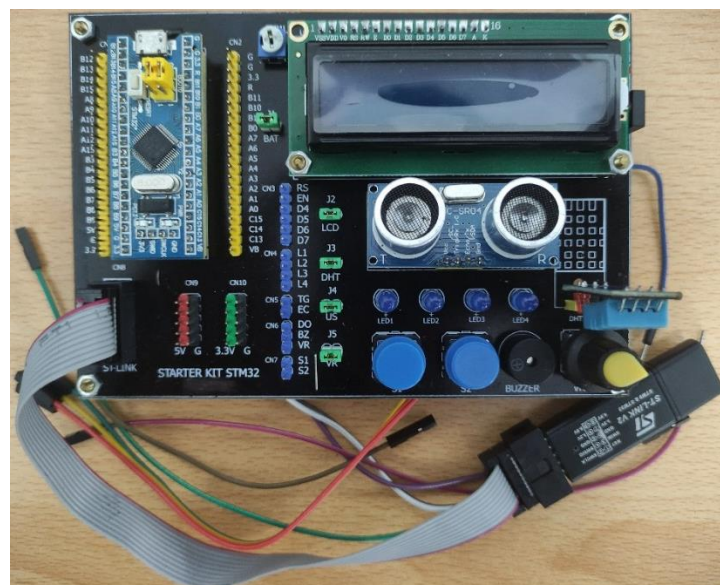
Persiapan instalasi STM32CubeIDE, terlebih dahulu file *software* langsung dari ST Microelectronics. Aplikasi ini digunakan untuk proses pembuatan *project*, penulisan (edit) source code sampai *debug* dan *upload* (*run*) dilakukan di STM32CubeIDE, alamat download aplikasi <http://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html> dan kemudian instalasi STM32 Cube Programmer untuk keperluan menghapus memori atau program,

alamat download aplikasi <http://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeprog.html>. Dalam persiapan hardware *training kit* STM32 ARM Cortex dihubungkan dengan ST-LINK V2 melalui konektor, kemudian ST-LINK V2 dibungkan ke komputer atau Personal Komputer, seperti gambar 5.



Gambar 5. Training Kit STM32 dan ST-Link V2 Terdeteksi dengan Baik

Mekanisme pembuatan *project* dengan *training kit* STM32 ARM Cortex adalah menentukan atau pilih chip (mikrokontroler) STM32F103C8, beri nama *project*, konfigurasi pinout dan *configuration*, *system core* RCC dan SYS, GPIO (pin *input* - *output*), peripheral lain seperti timer atau ADC (*Analog Digital Converter*) sesuai kebutuhan *clock configuration*, *save*, *generate code*, *edit code*, *build* dan *debug* atau *run*. Adapun hasil pembuatan *training kit* dari desain model, dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6: Training Kit STM32 ARM Cortex

3.3 Pengambilan dan Pengujian Data

Pada pengambilan data dengan menguji langsung implementasi program C/C++ output *training kit* STM32 ARM Cortex yang berjalan baik. Pengambilan data ini dilakukan dengan mengupload program atau *coding* dari setiap topik yang telah di buat untuk praktikum sistem mikroprosesor dan mikrokontroler.

Tabel 2: Pengambilan Data dari *Training Kit* STM32

No	Topik	Pengujian
1	Pemograman Output	
	a. LED Blink	Berhasil
	b. Running LED	Berhasil
2	Pemograman Input	
	a. Digital Input	Berhasil
	b. Baca 2 Tombol	Berhasil
3	Pemograman LCD <i>Display</i>	Berhasil
4	Pemograman <i>Ultrasonic Range Meter</i>	Berhasil
5	Pemograman Sensor DHT11	Berhasil
6	Pemograman ADC (<i>Analog Digital Converter</i>)	Berhasil
7	Pemograman PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	Berhasil
8	Pemograman Jam Digital	Berhasil
9	Pemograman Jam Alarm	Berhasil
10	Pemograman Thermostat	Berhasil

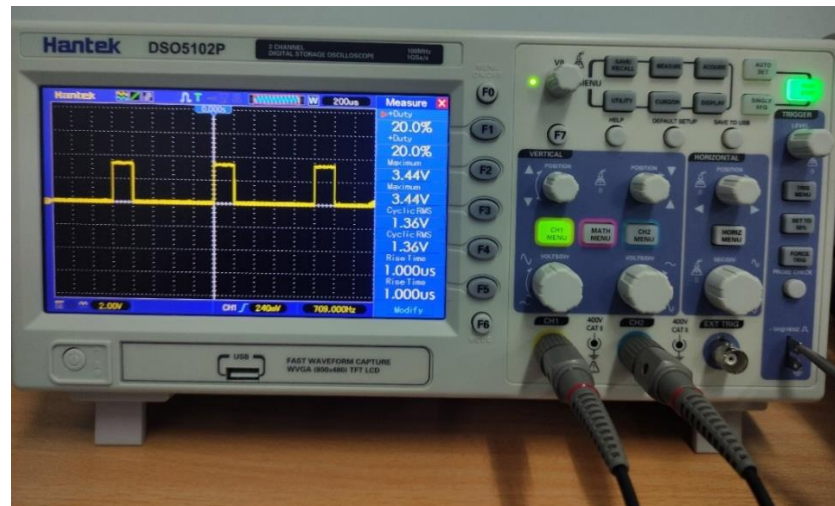
Keterangan Tabel 2 menandakan bahwa *training kit* berjalan dengan baik sesuai dengan program yang telah dimasukkan atau di *upload*, sehingga *training kit* ini dapat digunakan dalam praktikum sistem mikroprosesor dan mikrokontroler. Adapun beberapa hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 7 sebagai ADC (*Analog Digital Converter*), gambar 8 sebagai PWM (*Pulse Width Modulation*), gambar 9 sebagai *output duty cycle* 20%, gambar 10 sebagai *output duty cycle* 60%, gambar 11 sebagai *output duty cycle* 70%, gambar 11 sebagai RTC (*Real Time Clock*) pada Jam Digital.



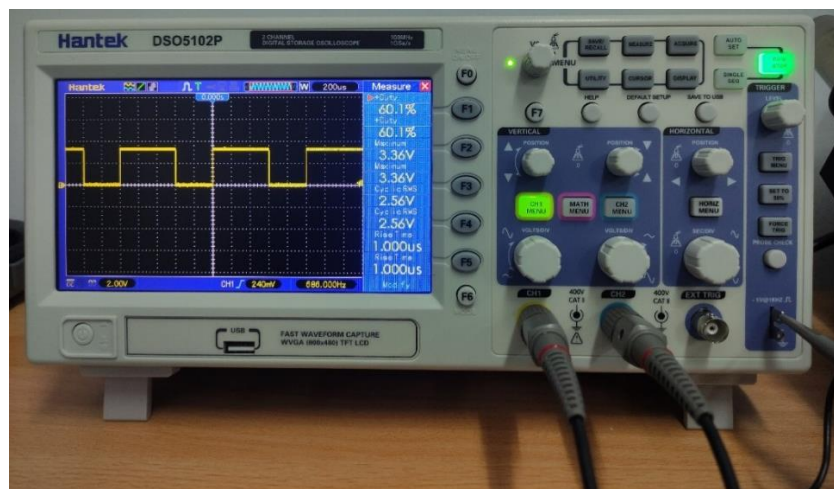
Gambar 7: Pengujian Pemograman ADC (*Analog Digital Converter*)



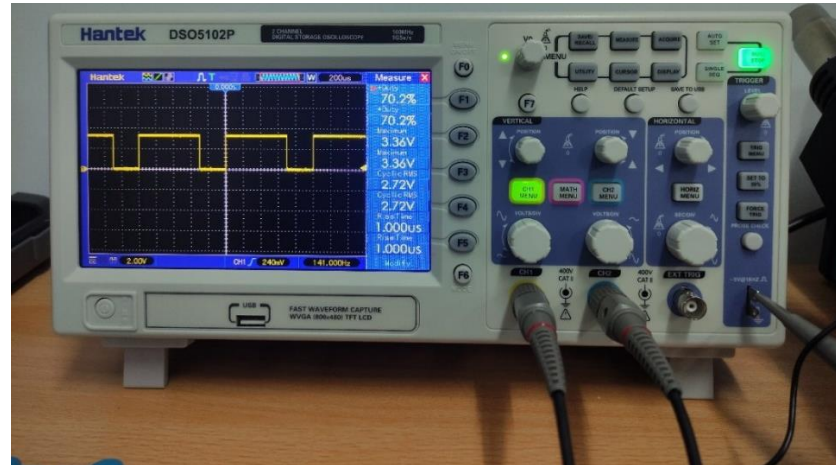
Gambar 8: Pengujian Pemrograman PWM (*Pulse Width Modulation*)



Gambar 9: Bentuk *Output Duty Cycle* 20% dari PWM



Gambar 10: Bentuk *Output Duty Cycle* 60% dari PWM



Gambar 11: Bentuk Output Duty Cycle 70% dari PWM



Gambar 12: Pengujian Pemograman Jam Digital

3.4 Testing dan Pengukuran

Pada testing dan pengukuran diambil dari pengukuran alat ukur ataupun *oscilloscope* untuk mengetahui beberapa nilai seperti tegangan, tidak semua dilakukan pengukuran dikarenakan beberapa implementasi *output* mikrokontroler dalam bentuk tampilan *interface display*. *Output* yang dilakukan pengukuran pada logika *HIGH* atau *LOW*, ADC (*Analog Digital Converter*) dan PWM (*Pulse Width Modulation*). Adapun hasil testing dan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Testing dan Pengukuran Training Kit STM32

No	Topik	Testing	Pengukuran
1	Pemograman Output	<i>HIGH</i>	3,3 Volt
		<i>LOW</i>	0 Volt
2	<i>Analog Digital Converter</i>	BIT 1, Value 1	0 Volt
		BIT 2, Value 3	0 Volt
		BIT 3, Value 7	0,01 Volt
		BIT 4, Value 15	0,01 Volt

No	Topik	Testing	Pengukuran
		BIT 5, <i>Value</i> 31	0,02 Volt
		BIT 6, <i>Value</i> 63	0,05 Volt
		BIT 7, <i>Value</i> 127	0,1 Volt
		BIT 8, <i>Value</i> 255	0,21 Volt
		BIT 9, <i>Value</i> 511	0,41 Volt
		BIT 10, <i>Value</i> 1023	0,82 Volt
		BIT 11, <i>Value</i> 2047	1,65 Volt
		BIT 12, <i>Value</i> 4095	3,3 Volt
3	<i>Pulse Width Modulation</i>	<i>Duty Cycle</i> 10%	328 mVolt
		<i>Duty Cycle</i> 20%	654 mVolt
		<i>Duty Cycle</i> 30%	986 mVolt
		<i>Duty Cycle</i> 40%	1,31 Volt
		<i>Duty Cycle</i> 50%	1,63 Volt
		<i>Duty Cycle</i> 60%	1,97 Volt
		<i>Duty Cycle</i> 70%	2,29 Volt
		<i>Duty Cycle</i> 80%	2,57 Volt
		<i>Duty Cycle</i> 90%	2,95 Volt
		<i>Duty Cycle</i> 100%	3,28 Volt

Berdasarkan Hasil Testing dan Pengukuran tidak semua topik dilakukan, karena ada beberapa topik hasil output berupa display ataupun *monitoring* dalam bentuk tampilan pada LCD (*Liquid Crystal Display*). Dalam testing dan pengukuran ini semua implementasi *output* sistem mikroprosesor dan mikrokontroler berjalan dengan baik untuk penggunaan praktikum.

4. Kesimpulan

Training kit STM32 ARM Cortex dapat digunakan pada praktikum sistem mikroprosesor dan mikrokontroler untuk pengenalan dasar kepada mahasiswa, kemudian untuk penggunaan *training kit* ini menggunakan aplikasi STM32CubeIDE dan STM32 Cube Programmer untuk membuat sebuah *project* dengan menggunakan program C/C++. *Training kit* STM32 ARM Cortex ini dalam implementasi dapat digunakan dalam pengenalan *project* pemrograman *output*, pemrograman *input*, pemrograman LCD display, pemrograman sensor HC-SR04 atau *ultrasonic range meter*, pemrograman sensor DHT11 atau suhu dan kelembapan serta *thermostat*, pemrograman ADC (*Analog Digital Converter*), pemrograman PWM (*Pulse Width Modulation*), pemrograman RTC (*Real Time Clock*) pada jam digital dan jam alarm.

Kontribusi Penulis

Junaidi Akbar, S.Pd., M.Pd.T (Penulis Utama), kontribusi perancangan perangkat keras (*hardware design*), implementasi fungsionalitas STM32 ARM Cortex, verifikasi dan pengujian perangkat keras, dokumentasi desain. Dr. Eng. Ir. Amin Suyitno, M.Eng (Penulis Kedua), kontribusi pengembangan perangkat lunak (*software development*) atau pemrograman, antarmuka pengguna (*user interface*), integrasi perangkat keras dan perangkat lunak. Jacob Febryadi Nithanel Dethan, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D (Penulis Ketiga), kontribusi uji pengguna (*user testing*), analisis kerja, dokumentasi akhir.

Pernyataan Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan mana pun di sektor publik, komersial dan lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP3kM) Universitas Buddhi Dharma yang telah banyak membantu dalam melaksanakan penelitian ini.

Minat yang Bersaing

Dengan antusiasme yang tinggi terhadap inovasi teknologi, kami berkomitmen untuk mengembangkan Desain Training Kit STM32F1 ARM Cortex yang revolusioner. Pengalaman dan keahlian kami dalam merancang perangkat keras dan perangkat lunak akan menjadi landasan utama dalam menciptakan solusi pelatihan yang efektif, mendukung perkembangan keterampilan teknis di bidang mikroprosesor dan mikrokontroler. Dengan pendekatan terintegrasi dan fokus pada pengalaman pengguna, kami yakin bahwa training kit ini tidak hanya akan memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga menjadi landasan bagi pengembangan berkelanjutan di masa depan.

Daftar Pustaka

- [1] X. Lu, Y. Ma, and Y. Fang, "Learning-by-Doing Approach to Teach Microcontroller Course with Portable Training Board", *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 18, no. 16, pp. 62–73, Aug. 2023. doi: 10.3991/ijet.v18i16.42369.
- [2] R. B. Oliva, "Hardware and Firmware Design and Implementation of Twin 8-Bit and 32-Bit Microcontroller Boards for Research and Educational Applications," in *IEEE Embedded Systems Letters*, vol. 15, no. 2, pp. 65–68, June 2023, doi: 10.1109/LES.2022.3189877.
- [3] B. Deng, Z. Bo, Y. Jia, Z. Gao and Z. Liu, "Research on STM32 Development Board Based on ARM Cortex-M3," *2020 IEEE 2nd International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)*, Weihai, China, 2020, pp. 266–272, doi: 10.1109/ICCASIT50869.2020.9368860.
- [4] R. Ranges, P. Sivakumar, C. Nithilan, A. A. Reuben, R. Hariharan and R. Gayathri, "Implementation of LED Linux Device Driver in STM32F407VGT6 Discovery Kit," *2023 IEEE 3rd International Conference on Technology, Engineering, Management for Societal impact using Marketing, Entrepreneurship and Talent (TEMSMET)*, Mysuru, India, 2023, pp. 1–5, doi: 10.1109/TEMSMET56707.2023.10150011.
- [5] S. Wu, A. M. Abdulghani, S. Ansari, M. A. Imran and Q. H. Abbasi, "IoT enabled Smart Lighting System using STM32 microcontroller with high performance ARM® Cortex®-M3 core," *2020 International Conference on UK-China Emerging Technologies (UCET)*, Glasgow, UK, 2020, pp. 1–4, doi: 10.1109/UCET51115.2020.9205363.
- [6] M. J. F. Arifianto, dan H. Suprpto, "Perancangan Pengendali Gerakan Stepper Motor menggunakan Mikrokontroler STM32 dengan Tampilan Grafis TouchGFX," *Jurnal Fokus Elektroda*, vol. 8, no. 1, pp. 13–20, Feb. 2023, doi: 10.33772/jfe.v8i1.14.
- [7] M. A. Rizqulloh, R. Pramudita and M. Somantri, "Design of an STM32 EduTrainer Board For Industrial Application," *2021 3rd International Symposium on Material and Electrical Engineering Conference (ISMEE)*, Bandung, Indonesia, 2021, pp. 178–183, doi: 10.1109/ISMEE54273.2021.9774102.
- [8] E. Ali and W. Pora, "VHDL Implementation of ARM Cortex-M0 Laboratory for Graduate Engineering Students," *2020 5th International STEM Education Conference (iSTEM-*

- Ed), Hua Hin, Thailand, 2020, pp. 69-72, doi: 10.1109/iSTEM-Ed50324.2020.9332721.
- [9] F. De Vita, G. Nocera, D. Bruneo, V. Tomaselli and M. Falchetto, "On-Device Training of Deep Learning Models on Edge Microcontrollers," *2022 IEEE International Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing & Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical & Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics)*, Espoo, Finland, 2022, pp. 62-69, doi: 10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData-Cybermatics55523.2022.00018.
- [10] H. D. Widyaseno, dan Susilo, "Pengembangan Kit Praktikum Atwood menggunakan Mikrokontroler STM32 Berbasis Pendekatan STEM," *Unnes Physics Education Journal.*, vol. 11, no. 3, pp. 49-56, Des. 2022, doi: 10.15294/upej.v11i3.63220.
- [11] G. Manoharan, F. Thomas, E. K. Joseph, J. M., A. K. and R. C.V., "Design and Implementation of Micro-Controller Training Kit with GUI Support," *2018 15th IEEE India Council International Conference (INDICON)*, Coimbatore, India, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/INDICON45594.2018.8987006.
- [12] M. Tasci and S. Kosunalp, "Design of Microcontroller-Based Active Learning Structure in Engineering Domain," *2023 4th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES)*, Plovdiv, Bulgaria, 2023, pp. 1-8, doi: 10.1109/CIEES58940.2023.10378800.
- [13] STMicroelectronics STM32F103T8U6 Datasheet, *MCU 32-bit STM32F ARM Cortex M3 RISC 64KB Flash 2.5V/3.3V 36-Pin VFQFPN EP Tray*, 2015.
- [14] S. J. Sokop, D. J. Mamahit, dan S. R. U. A. Sompie, "Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer.*, vol. 5, no. 3, pp. 13-23, Apr. 2016, doi: 10.35793/jtek.v5i3.11999.
- [15] H. Suryantoro, dan A. Budiyanto, "Prototype Sistem Monitoring Level Air Berbasis Labview dan Arduino sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali," *Indonesian Journal of Laboratory.*, vol. 1, no. 3, pp. 20-32, Apr. 2019, doi: 10.22146/ijl.v1i3.48718.
- [16] T. N. Arifin, G. F. Pratiwi, dan A. Janrafsasih, "Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak," *Jurnal Tera.*, vol. 2, no. 2, pp. 55-62, Sep. 2022.
- [17] I. Nurpriyanti, "Otomatisasi Sensor DHT11 sebagai Sensor Suhu dan Kelembapan pada Hidroponik Berbasis Arduino Uno R3 untuk Tanaman Kangkung," *Jurnal Teknologi dan Terapan Bisnis (JTtB).*, vol. 3, no. 1, pp. 40-45, Mar. 2020. doi: 10.0301/jttb.v3i1.122.
- [18] I. A. Rozaq, "Penggunaan Analog Digital Converter (ADC) untuk Kalibrasi pada Alat Pendeteksi Telur Ayam," *G-Tech*, vol. 6, no. 2, pp. 368-375, okt. 2022. doi: 10.33379/gtech.v6i2.1746.
- [19] R. I. S. and H. Hartono, "Rancang Bangun Pulse Width Modulation (PWM) Sebagai Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler Arduino," *jp*, vol. 3, no. 1, pp. 50-58, Mar. 2018. doi: 10.46491/jp.v3i1.31.
- [20] R. Wulandari, Nurdiyanto, Taryo, dan Nunu, "Rancang Bangun Sistem Irigasi Otomatis Berbasis RTC menggunakan Solar Panel," *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS).*, vol. 12, no. 2, pp. 213-222. Okt. 2022. doi: 10.22146/ijeis.78422.