

# PERANCANGAN SISTEM SMART FACTORY 4.0

Ignatius Luddy Indra Purnama<sup>\*1</sup>, Brillianta Budi Nugraha<sup>2</sup>, Anugrah Kusumo Pamosoaji<sup>3</sup>

Departemen Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta<sup>1,2,3</sup>

Email: luddy.indra@uajy.ac.id<sup>\*1</sup>, brilliantanugraha@uajy.ac.id<sup>2</sup>, anugrah.pamosoaji@uajy.ac.id<sup>3</sup>

**Abstract:** The fourth industrial revolution, known as Industry 4.0, has entered the industrial revolution's development of Smart Factory. A multi-scale manufacturing approach uses the most recent Internet of Things (IoT) and Industrial Internet Technology (IIT). Industry 4.0 specifies the smart factory vision, which shows the future direction of the production system. This research aims to create two smart factory systems with different sources that will be used to manage the production machine (3D printer). The first system uses a sound and light source to configure a 3D printer, while the second uses an image file source to print on a 3D printer with wifi. Python interpreter version 3 is used for programming, along with Raspberry Phi 3 helper hardware and the IIT SCADA platform. The experiment of two simple systems concluded that they could run well, and further research can be developed on sensor devices and controller units. Meanwhile, communication tools can be adapted for use with online and cloud-based systems.

**Keywords:** smart factory, sensor, control, 3D printer

**Abstrak:** Revolusi industri keempat yang dikenal dengan Industry 4.0, kini telah memasuki perkembangan revolusi industri *smart factory*. Pendekatan manufaktur multi-skala menggunakan *Internet of Things (IoT)* dan *Industrial Internet Technology (IIT)* terbaru. Industri 4.0 menetapkan visi pabrik cerdas, yang menunjukkan arah masa depan sistem produksi. Tujuan dari penelitian ini melakukan perancangan dengan dua sistem sederhana *smart factory* dengan *source* yang berbeda dan digunakan untuk mengatur jalannya mesin produksi (*3D printer*). Sistem yang pertama adalah dengan *source* suara dan cahaya untuk mengontrol *3D printer*, serta yang kedua dengan *source file* gambar untuk dicetak pada *3D printer* yang tanpa kabel. Pemrograman yang digunakan dengan bahasa *interpreter Python* versi 3, dengan perangkat keras pembantu *raspberry phi 3* dan *scada platform for IIT*. Kesimpulan dari eksperimen dua sistem sederhana dapat berjalan dengan baik, serta penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan alat sensor dan pengontrol unitnya. Sedangkan alat komunikasinya dapat dikembangkan ke arah sistem *online* dan *cloud*.

**Kata kunci:** *smart factory*, sensor, kontrol, *3D printer*

## 1. PENDAHULUAN

Industri 4.0 menjadi bagian dari kebijakan rencana pembangunannya disebut *High-Tech Strategy 2020*. Kebijakan *High-Tech Strategy 2020* bertujuan untuk mempertahankan Jerman agar selalu menjadi terdepan dalam dunia manufaktur (Gilchrist, 2016). Beberapa negara lain turut serta dalam mewujudkan konsep Industri 4.0 namun mereka menggunakan istilah berbeda seperti *Smart Factories*, *Industrial Internet of Things*, *Smart Industry*, atau *Advanced Manufacturing*.

Schwab (2016) dalam forum *world economic* menyampaikan bahwa revolusi industri 4.0, dukungan kemajuan pesat teknologi, akan membawa kita pada kondisi transisi revolusi teknologi secara fundamental akan mengubah cara hidup, bekerja, dan relasi organisasi dalam berhubungan satu sama lain. Schwab meyakini bahwa kita sudah memasuki era industri 4.0, lebih

dikenal *Industry Cyber Physical (ICP) system*. Hal penting harus diperhatikan oleh masyarakat luas bahwa kita harus memahami dengan bijaksana gelombang revolusi industri 4.0 ini sebagai transformasi dari sejarah manusia kedepan. Masyarakat luas juga menghadapi potensi-potensi *disruptive* dihasilkan oleh kemajuan-kemajuan dalam bidang informasi teknologi berpengaruh terhadap model bisnis (Xu *et al.*, 2021).

Komponen dari industri 4.0 adalah: kecerdasan buatan, *IoT*, sensor, analisis *big data*, dan *3D printer*. Konsep *smart factory* dapat dilihat pada Gambar 1 (Pang *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2018). Kecerdasan buatan, *IoT* dan analisis *big data* merupakan bagian dari perangkat lunak yang dirancang dalam penelitian ini. Dengan terintegrasinya semua mesin dan *material handling* dengan didukung oleh perangkat lunak yang *real time*, maka hal ini sesuai dengan isu

# PROSIDING

Seminar Nasional Dies Natalis ke-57  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

keberlanjutan lingkungan dan masyarakat. Gerakan *material handling* dan waktu kerja mesin yang optimal, maka dapat mengurangi pemborosan sumber daya seperti energi.



**Gambar 1.** Konsep *Smart Factory*

<https://www.tekno.com/mengenal-industri-4-0-atau-smart-factory/>

Aplikasi dari *smart factory* 4.0 telah dikembangkan ke dalam beberapa bidang, yaitu: teknologi (Franket *et al.*, 2019; Nascimento *et al.*, 2019; Zheng *et al.*, 2021), faktor manusia dan ergonomi (Golan *et al.*, 2020; Neumann *et al.*, 2021), rantai pasok (Hahn, 2020; Ivanov *et al.*, 2021), dan penjadwalan produksi ((Dolgui *et al.*, 2019; Rossit *et al.*, 2019).

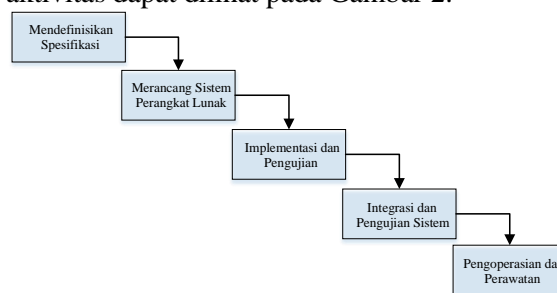
Dalam penggunaan *3D printer* dalam *smart factory* 4.0 telah berkembang dalam integrasi pada rantai produksi (Chong, *et al.*, 2018a; Chong, *et al.*, 2018b; Sepasgozar *et al.*, 2020), proses daur ulang scrap logam di industri otomotif (de Mattos Nascimento *et al.*, 2022), dan pengembangan model alat peraga medis (Baumann *et al.*, 2017; Purnama *et al.*, 2018; Purnama *et al.*, 2020).

Memperhatikan dari referensi selama 5 tahun terakhir tentang aplikasi pada industri 4.0, maka tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan perancangan dengan dua sistem sederhana *smart factory*. dengan *source* yang berbeda yang digunakan untuk mengatur jalannya mesin produksi (*3D printer*), serta proses pencetakan produk dengan *3D printer* dalam jaringan *wifi*.

## 2. METODE PENELITIAN

Ada banyak model perancangan aplikasi perangkat lunak, tetapi secara fundamental ada empat aktivitas pada model perancangan aplikasi perangkat lunak, yaitu: menetapkan spesifikasi

perangkat lunak, merancang dan mengimplementasi perangkat lunak, memvalidasi perangkat lunak, serta mengembangkan guna memenuhi kebutuhan pengguna (Sommerville, 2011). Salah satu model perancangan perangkat lunak adalah model *waterfall*. Tahapan utama dari model *waterfall* secara langsung mencerminkan dasar dari aktivitas pengembangan secara umum. Tahapan aktivitas dari model *waterfall* adalah: mendefinisikan spesifikasi; merancang perangkat lunak; mengimplementasikan dan pengujian; mengintegrasikan dan pengujian; serta pengoperasian dan perawatan. Tahapan aktivitas dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Tahapan Aktivitas Model *Waterfall*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah perangkat komputer dengan fasilitas *Graphics Processing Unit (GPU)*, *Raspberry Pi 3*, *Sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)*, dan *3D printer* dengan *microcontroller Arduino* serta material *filament polylactide (PLA)* dan diameter 1.75 mm.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perancangan dilakukan pada dua sistem yaitu (a) Sistem sensor suara dan cahaya untuk mengontrol kerja dari *3D printer*, dan (b) proses mencetak gambar produk dengan menggunakan *3D printer* dengan menggunakan *wifi*.

### 3.1 Sensor Suara dan Cahaya

Skema diagram dengan menggunakan sensor suara dan cahaya dapat digambarkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Skema Diagram Sensor

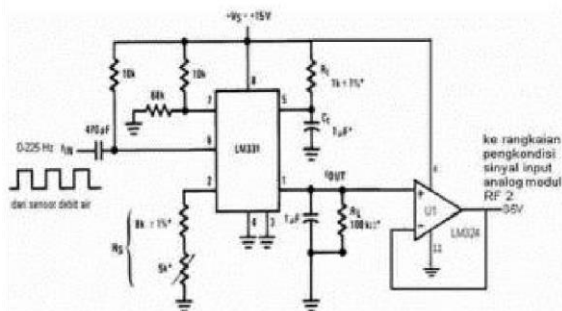
Pada gambar skema tampak bahwa suara dan cahaya ditangkap oleh sensor yang dihubungkan dengan sebuah komputer dengan *SCADA platform*. Dari komputer yang menggunakan wifi dikirim *signal* ke *Raspberry Phi 3* yang terhubung dengan mesin *3D printer*.



**Gambar 4.** Modul Sensor Cahaya



**Gambar 5.** Modul Sensor Suara

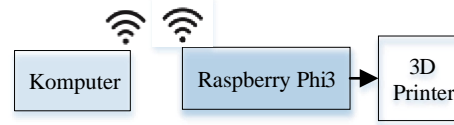


**Gambar 6.** Rangkaian Konverter Frekuensi ke Tegangan

Modul sensor cahaya dan suara dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Pada Gambar 6 ditunjukkan gambar konverter Frekuensi ke Tegangan. Pada modul tersebut menggunakan alat pengontrol *arduino*. Hal ini berarti suara dan cahaya pada lingkungan *3D printer* diubah menjadi signal untuk mengontrol parameter dari *3D printer*. *Error* yang timbul tidak lebih dari 1%. Hal ini akan bermanfaat untuk mengontrol *3D printer* dari cahaya ruangan ataupun kebisingan dalam ruangan.

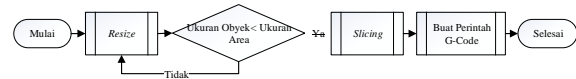
### 3.2 Pencetakan Menggunakan *3D Printer*

Skema diagram proses pencetakan dengan menggunakan *3D Printer* dapat digambarkan pada Gambar 7.



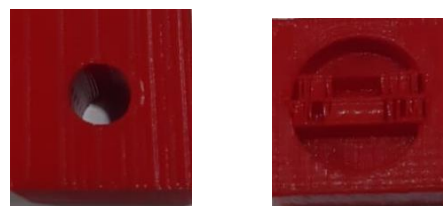
**Gambar 7.** Skema Diagram Pencetakan

*File* gambar produk harus bertipe *stereolithography (STL)*, yaitu format *file* yang dapat mewakili geometri permukaan dari obyek tiga dimensi. *File STL* kemudian diubah menjadi *file* bertipe *G-Code* yang ditransfer melalui *wifi* ke *Raspberry Phi 3* untuk dicetak dengan *3D printer*. Proses perubahan *file STL* menjadi *file G-Code* dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Proses Perubahan *STL* menjadi *G-Code*.

*File STL* diproses *resize*, yaitu menyesuaikan dimensi produk dengan dimensi meja kerja dari *3D printer*. Setelah sesuai dengan dimensi meja kerja, kemudian diproses *slicing*. Proses *slicing* adalah obyek dilakukan pengirisan per-layer. Pada akhirnya irisan diubah ke dalam perintah *G-Code* untuk disimpan ke dalam *file G-Code*. *File G-Code* inilah yang ditransfer ke *3D printer* melalui *Raspberry Phi 3*.



**Gambar 9.** Sampel Produk Cetakan

Dari sampel produk cetakan pada gambar 9, ternyata dimensi produk hasil cetakan dibandingkan dengan dimensi gambar produknya tidak ada perbedaan yang signifikan.

## 4. KESIMPULAN

Eksperimen dua sistem sederhana, yaitu: sistem sensor untuk mengontrol mesin produksi (*3D printer*) dan mencetak *file*

## PROSIDING

Seminar Nasional Dies Natalis ke-57  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

---

gambar dengan menggunakan *3D printer* dapat berjalan dengan baik.

Penelitian dapat dikembangkan pada bagian alat sensor dan unit pengontrolnya, baik untuk kedua sistem rancangan yang dibuat. Sedangkan pada sistem pencetakan dapat dikembangkan ke arah sistem *online* dan *cloud*, sehingga jarak menjadi tidak terbatas sejauh terhubung dengan internet.

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang mendanai serta memberikan fasilitas pada penelitian ini melalui Laboratorium Otomasi – Fakultas Teknologi Industri.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Baumann, F. W., Schuermann, M., Odefey, U., & Pfeil, M. (2017). From GCode to STL: Reconstruct Models from 3D Printing as a Service. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 280(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/280/1/012033>
- Chong, L., Ramakrishna, S., & Singh, S. (2018a). A review of digital manufacturing-based hybrid additive manufacturing processes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 95(5–8), 2281–2300. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1345-3>
- Chong, S., Pan, G.-T., Chin, J., Show, P., Yang, T., & Huang, C.-M. (2018b). Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching. *Sustainability*, 10(11), 3960. <https://doi.org/10.3390/su10113960>
- de Mattos Nascimento, D. L., Mury Nepomuceno, R., Caiado, R. G. G., Maqueira, J. M., Moyano-Fuentes, J., & Garza-Reyes, J. A. (2022). A sustainable circular 3D printing model for recycling metal scrap in the automotive industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(5), 876–892. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-20210391>
- Dolgui, A., Ivanov, D., Sethi, S. P., & Sokolov, B. (2019). Scheduling in production, supply chain and Industry 4.0 systems by optimal control: fundamentals, state-of-the-art and applications. *International Journal of Production Research*, 57(2), 411–432. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442948>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0. Apress*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4>
- Golan, M., Cohen, Y., & Singer, G. (2020). A framework for operator – workstation interaction in Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 58(8), 2421–2432. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1639842>
- Hahn, G. J. (2020). Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1425–1441. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1641642>
- Ivanov, D., Tang, C. S., Dolgui, A., Battini, D., & Das, A. (2021). Researchers’ perspectives on Industry 4.0: multidisciplinary analysis and opportunities for operations management. *International Journal of Production Research*, 59(7), 2055–2078. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1798035>
- Machado, C. G., Winroth, M. P., & Ribeiro da Silva, E. H. D. (2020). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1462–1484. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1652777>
- Nascimento, D. L. M., Alencastro, V., Quelhas, O. L. G., Caiado, R. G. G., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Tortorella, G. (2019). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 607–627. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071>

- Neumann, W. P., Winkelhaus, S., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2021). Industry 4.0 and the human factor – A systems framework and analysis methodology for successful development. *International Journal of Production Economics*, 233(May 2020), 107992. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107992>
- Pang, Z., Yang, G., Khedri, R., & Zhang, Y. T. (2018). Introduction to the Special Section: Convergence of Automation Technology, Biomedical Engineering, and Health Informatics Toward the Healthcare 4.0. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 11, 249–259. <https://doi.org/10.1109/RBME.2018.2848518>
- Purnama, I. L.I., Tontowi, A. E., Sopha, B. M., & Herianto. (2018). Development of Medical Props Production Towards Industry 4.0. In *2018 1st International Conference on Bioinformatics, Biotechnology, and Biomedical Engineering - Bioinformatics and Biomedical Engineering* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BIOMIC.2018.8610581>
- Purnama, I. L. I., Tontowi, A. E., & Herianto. (2020). G-Code Generator from Bone DICOM CT with Cloud. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(6), 062017. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/6/062017>
- Rossit, D. A., Tohmé, F., & Frutos, M. (2019). Industry 4.0: Smart Scheduling. *International Journal of Production Research*, 57(12), 3802–3813. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1504248>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. *World Economic Forum@*.
- Sepasgozar, S. M. E., Shi, A., Yang, L., Shirowzhan, S., & Edwards, D. J. (2020). Additive Manufacturing Applications for Industry 4.0: A Systematic Critical Review. *Buildings*, 10(12), 231. <https://doi.org/10.3390/buildings10120231>
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering: Ninth Edition*. Pearson Inc.
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61(September), 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1922–1954. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1824085>