

Pengembangan Sensor Mesin Perkakas Berbasis IoT Untuk Mendukung Penerapan Industri 4.0

Tunggul Arief Nugroho^{#1}, Dina Angela^{#2}, Samuel Christian Junaedi^{*3}

[#]Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipatiukur No. 80-84, Bandung, Indonesia

¹tunggul@ithb.ac.id

²dina_angela@ithb.ac.id

^{*}Program Studi Sistem Komputer, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipatiukur No. 80-84, Bandung, Indonesia

³samchrisjun@gmail.com

Abstract — To support the implementation of Industry 4.0, industrial /factory machine tools need to be equipped with an energy sensor. This paper will discuss a system that can monitor the energy consumption of a machine tool. The system that will be created is a monitoring system, where the system can measure energy consumption, send and store it in a web server database. By monitoring the energy consumption of the machine periodically, it can be known the characteristics and health of machine tools. Energy sensors are specifically designed and equipped with WiFi communication system to connect to a web server via the internet (Internet of Things / IoT). With the energy consumption data of the machine on the web server, analyzing the data will facilitate the maintenance and scheduling of the machine and power settings. This is one of an effort to support the adoption of Industry 4.0.

Keywords — IoT, web server, sensor, Industry4.0

Abstrak — Untuk mendukung penerapan Industry4.0, maka mesin perkakas industri/pabrik perlu dilengkapi dengan sensor energi. Pada makalah ini akan dibahas sebuah sistem yang dapat memantau konsumsi energi suatu mesin perkakas. Sistem yang akan dibuat adalah sistem *monitoring*, di mana sistem tersebut dapat mengukur konsumsi energi, mengirimkan, dan menyimpan hasil pengukurannya dalam *database* di *web server*. Dengan memantau konsumsi energi mesin secara periodik, maka bisa diketahui karakteristik dan kesehatan mesin perkakas. Sensor energi dirancang secara khusus dan dilengkapi dengan sistem komunikasi WiFi untuk koneksi ke *web server* melalui internet (*Internet of Things/IoT*). Dengan adanya data konsumsi energi mesin di *web sever*, maka analisis terhadap data tersebut akan memudahkan pemeliharaan dan penjadwalan mesin dan pengaturan daya. Hal ini merupakan salah satu upaya untuk mendukung penerapan Industri 4.0.

Kata Kunci — IoT, web server, sensor, industri 4.0

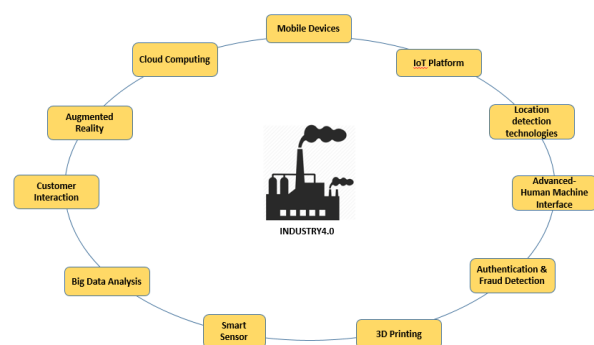
I. PENDAHULUAN

Perkembangan dalam dunia industri sudah mencapai generasi ke 4 atau yang dinamakan dengan Industri 4.0. Industri 4.0 adalah sebagai era industri di mana seluruh entitas yang ada di dalam suatu industri dapat berkomunikasi secara *real time* kapan saja dengan berlandaskan pemanfaatan teknologi internet dan CPS (*Cyber Physical System*) guna

mencapai tujuan kreasi baru atau optimasi nilai yang sudah ada dari setiap proses di industri. CPS sendiri adalah teknologi untuk menggabungkan antara dunia nyata dengan dunia maya [1].

Dalam industri 4.0 terdapat beberapa elemen yang mendukung industri 4.0 seperti pada Gambar 1. Pada gambar tersebut terdapat *smart sensor* yang digunakan dalam pemantauan kondisi pahat bubut pada mesin bubut. Dengan adanya *smart sensor* pada pahat bubut, maka kondisi pahat bubut dapat diketahui dengan mudah oleh operator mesin secara *real-time*. Hal ini akan mempengaruhi keputusan perawatan pahat, apakah pahat perlu diganti atau diasah kembali.

Dalam sebuah mesin bubut, pahat memiliki peranan penting dalam proses pembubutan. Jika pahat yang digunakan dalam proses pembubutan sudah tidak tajam, maka hal tersebut dapat mengganggu proses produksi. Pahat dapat terpentol sehingga melukai orang yang berada di sekitarnya. Saat ini kebanyakan mesin bubut yang digunakan di Indonesia belum memiliki sistem yang dapat mengetahui kondisi pahat. Untuk mengetahui kondisi pahat, para operator mesin harus memeriksa satu per satu pahat pada mesin bubut. Jika pemeriksaan kondisi pahat masih dilakukan secara manual, hal tersebut akan memakan waktu. Jika pahat yang tidak bagus masih digunakan pun akan menyebabkan hasil pembubutan tidak rapi.



Gambar 1 Elemen-elemen pada Industri 4.0 [2]

Terdapat riset yang dilakukan dalam memantau kondisi pahat dilakukan oleh Rusnaldy, *et.al* dalam [3] yang memantau ketajaman pahat bubut berdasarkan getaran yang dihasilkan saat pembubutan. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar *built up edge* (BUE), maka akan menghasilkan getaran yang lebih besar. Hasil pembubutan pun semakin kasar jika dibandingkan dengan pahat yang masih tajam.

Riset yang dilakukan oleh Hafizuddin dalam [4], yaitu melakukan analisis rambatan temperatur pada proses pembubutan menggunakan pahat HSS terhadap benda uji. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar kedalaman memotong beda kerja (*deep of cut*), temperatur pada benda kerja dan pahat semakin meningkat.

Jika pembubutan menggunakan pahat yang tumpul, maka putaran *chuck* pada mesin bubut akan berkurang. Namun, jika mesin dalam keadaan yang bagus, mesin dapat mempertahankan putaran dengan menggunakan daya yang lebih besar. Penelitian tersebut dibuktikan oleh Antonov dan Yeni dalam [5], di mana beban dapat mempengaruhi kinerja kinerja motor induksi. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin berat beban pada motor induksi, maka RPM akan menurun dan konsumsi arus meningkat.

Dari uraian di atas maka untuk mesin perkakas bubut diperlukan sensor untuk memantau parameter, seperti: suhu pahat, konsumsi energy, arus, dan getaran (vibrasi) sesuai dengan konfigurasi dalam Gambar 2.

II. DASAR TEORI

A. Sistem Eksisting

Setelah melakukan pengamatan kondisi industri di kota Bandung yang berada di jalan Soekarno Hatta, yaitu LIK (Lingkungan Industri Kecil), terdapat dua jenis perusahaan yang dapat digolongkan pada industri generasi kedua, yaitu perusahaan pembuat *spare parts* dan perusahaan pembuat mesin *boiler*. Dua jenis perusahaan tersebut digolongkan pada industri generasi kedua karena terbukti pada perusahaan tersebut, mesin dapat berjalan menggunakan listrik dan menggunakan keterampilan operator dalam memproduksi barang jadi.

Pada perusahaan PT XYZ yang berada di daerah LIK, Soekarno Hatta, mesin yang banyak digunakan pada perusahaan tersebut adalah mesin bubut jenis *turret*. PT XYZ

sendiri merupakan perusahaan jasa yang dapat membuat *spare parts gear* sesuai dengan pesanan pelanggan. Untuk melaksanakan proses pembubutan pada sebuah mesin bubut *turret* terdapat komponen yang sangat penting, yaitu pahat bubut. Pahat bubut yang digunakan oleh mesin bubut *turret* adalah baja karbon tinggi atau *High Speed Steel* (HSS) [6].

Operator mesin mengganti pahat bubut tidak terjadwal. Biasanya operator mesin mengganti pahat bubut dengan yang baru kurang lebih dua minggu sekali atau menggantinya jika hasil kerja tidak sesuai dengan yang diharapkan. Pergantian pahat bubut tersebut tergantung dari cara pembubutan, apakah dalam proses pembubutan diberikan cairan pendingin atau tidak.

Cairan pendingin tersebut berupa oli yang sudah dicampur dengan air. Tujuan dari cairan pendingin yaitu dapat membantu saat proses pembubutan, agar pahat bubut tidak terlalu panas. Jika pahat bubut terlalu panas, maka pahat tersebut akan cepat mengalami ketumpulan [7].

B. Sistem yang Diusulkan

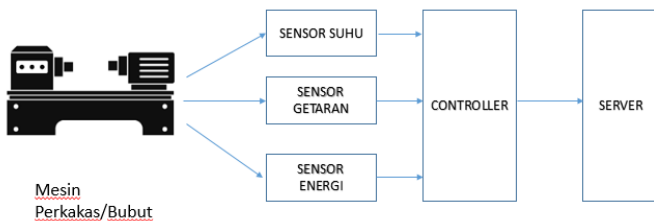
Selain membutuhkan keempat sensor yang dapat memantau kondisi ujung pahat secara *wireless*, dibutuhkan juga beberapa komponen, seperti *microcontroller* ATmega328, ESP8266, sebuah *modem* dan *cloud service*, seperti pada Gambar 3. Dengan adanya sensor-sensor, operator mesin tidak perlu memeriksa kondisi pahat bubut satu per satu.

Penempatan setiap sensor akan dipasang di tempat yang berbeda-beda. Sensor suhu dan sensor *accelerometer* dipasang pada badan pahat. Sensor energi ditempatkan pada salah satu kabel *alternating current* (AC) mesin bubut yang terhubung pada *supply* listrik. Sensor *hall effect* ditempatkan di atas *chuck*, bagian dari mesin bubut yang digunakan untuk memegang benda kerja [5], yang sudah diberikan magnet pada mesin bubut. Gambar implementasi setiap sensor dapat dilihat pada Gambar 4. Data yang telah didapat dari keempat sensor tersebut dikirimkan oleh ATmega328 menggunakan komunikasi I²C (*inter integrated circuit*). ATmega328 lalu mengirimkan data-data tersebut dengan komunikasi TCP (*transmission control protocol*) dengan menggunakan *modem* ESP8266.

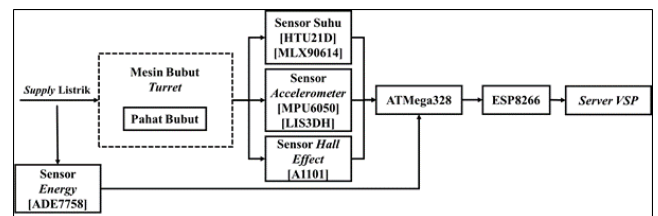
III. IMPLEMENTASI DAN HASIL PEMBAHASAN

A. Implementasi dan Hasil Rancangan Pertama

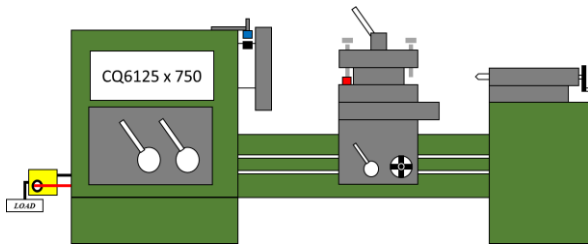
Modul rancangan pertama menggunakan tiga sensor dalam memantau kondisi pahat, yaitu sensor suhu HTU21D, sensor



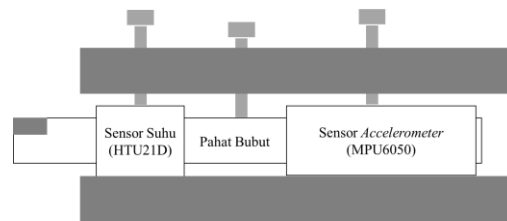
Gambar 2 Konfigurasi sistem



Gambar 2 Diagram blok Sistem Monitoring Kondisi Pahat pada mesin bubut.



Gambar 3 Penempatan masing-masing sensor



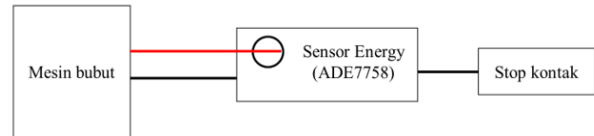
Gambar 5 Implementasi rancangan pertama

accelerometer MPU6050, dan sensor energi. Ketiga sensor tersebut diletakan di tempat yang berbeda. Sensor suhu dan sensor *accelerometer* diletakan pada badan pahat bubut, seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Sensor energi diletakan pada sebuah stop kontak yang terhubung ke sebuah sumber arus, seperti diperlihatkan pada Gambar 6.

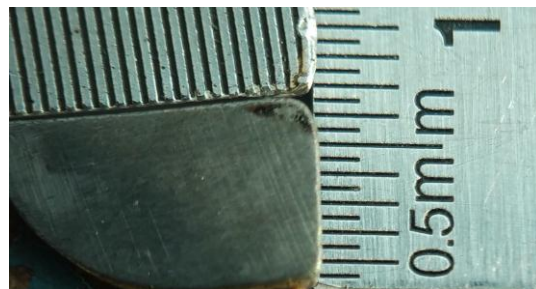
Sensor HTU21D mampu mengukur kelembaban dari 0°C hingga 100°C, mampu mengukur temperatur, mampu bekerja pada suhu -40 °C hingga 125°C, dan memiliki tingkat akurasi $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ [8]. Sensor MPU6050 dapat bekerja dari suhu -40°C hingga 105°C, memiliki 6 sumbu (3 sumbu *accelerometer* dan 3 sumbu *gyroscope*), dan memiliki sensitivitas $\pm 2\text{g}$, $\pm 4\text{g}$, $\pm 8\text{g}$, $\pm 16\text{g}$. Sensor energi memiliki *analog input* $\pm 500\text{mV}$ dengan *gain error* $\pm 6\%$ [9].

Setelah melakukan implementasi pada rancangan pertama, dilakukan pengujian yang dapat mengetahui kondisi pahat. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali. Pengujian pertama dilakukan pada tanggal 19 Februari 2018 pukul 07:56 hingga pukul 08:41. Percobaan ini dilakukan secara kasar, kecepatan potong (*feed*) dipercepat. Percobaan tidak dilakukan selama satu jam penuh karena pahat yang digunakan dalam keadaan tumpul (lihat Gambar 7). Untuk percobaan ini pun tidak menggunakan sensor energi karena sensor tersebut terdapat masalah. Suhu rata-rata yang didapat selama proses pembubutan sebesar 48,49 °C. Getaran rata-rata yang didapat pada pengujian selama kurang lebih satu jam adalah untuk sumbu x sebesar $-4,01 \text{ m/s}^2$, untuk sumbu y sebesar $-7,17 \text{ m/s}^2$, dan untuk sumbu z sebesar $-0,63 \text{ m/s}^2$.

Pengujian kedua dilakukan pada tanggal 21 Februari 2018 pukul 08:31 hingga pukul 08:59. Percobaan ini menggunakan pahat yang digunakan pada rancangan pertama dan menggunakan sensor energi. Pada pengujian ini proses kecepatan potong (*feed*) dilakukan lebih perlahan. Pada proses pembubutan yang pelan didapat suhu rata-rata sebesar 35,04 °C. Getaran rata-rata yang didapat untuk sumbu x sebesar $-0,40 \text{ m/s}^2$, untuk sumbu y sebesar $-1,27 \text{ m/s}^2$, dan untuk sumbu z sebesar $0,57 \text{ m/s}^2$. Penggunaan daya rata-rata adalah sebesar 173,13 Watt dan penggunaan energi adalah sebesar 73 kWh (killowatt hour).



Gambar 6 Implementasi sensor energi

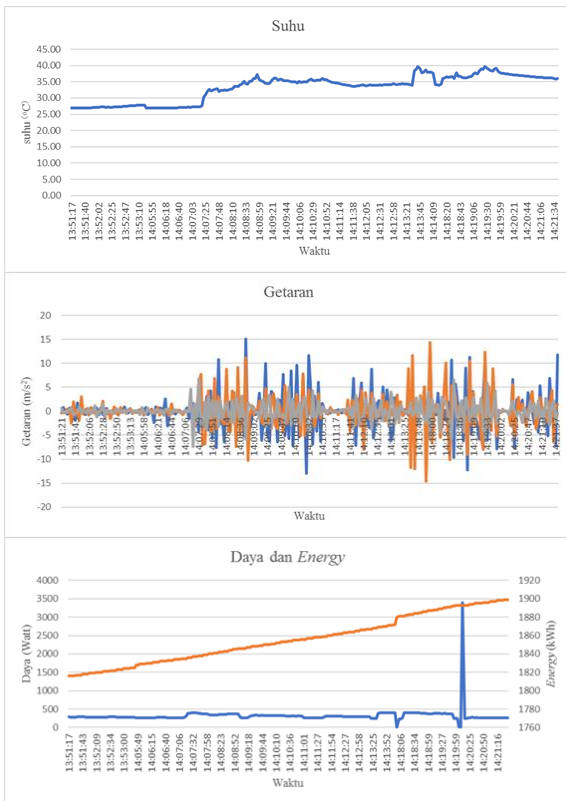


Gambar 4 Kondisi awal pahat sebelum digunakan

Pengujian ketiga dilakukan pada tanggal 21 Februari 2018 pukul 10:32 hingga pukul 10:47. Proses pembubutan dilakukan secara normal, di mana kecepatan potong (*feed*) tidak dipercepat atau diperlambat. Pada proses pembubutan secara normal, suhu rata-rata yang didapat oleh pahat sebesar 41,47 °C. Getaran yang didapat untuk sumbu x sebesar $0,4 \text{ m/s}^2$, untuk sumbu y sebesar $1,31 \text{ m/s}^2$, dan untuk sumbu z sebesar $-1,64 \text{ m/s}^2$. Daya rata-rata yang digunakan sebesar 222,69 Watt dan energi sebesar 64 kWh (killowatt hour).

B. Implementasi dan Hasil Perancangan Kedua

Percobaan dilakukan dari cara perlahan hingga kasar (kecepatan potong semakin lama semakin cepat). Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8 dalam bentuk grafik. Pada proses pembubutan selama kurang lebih 30 menit tanpa berhenti didapat suhu rata-rata sebesar 33,21 °C. Getaran rata-rata yang didapat untuk sumbu x sebesar $0,08 \text{ m/s}^2$, untuk sumbu y sebesar $9,28 \text{ m/s}^2$, dan untuk sumbu z sebesar $-0,72 \text{ m/s}^2$. Daya rata-rata yang digunakan sebesar 319,035 Watt dan energi sebesar 83 kWh (killowatt hour).



Gambar 8. Data hasil pengujian pertama menggunakan rancangan kedua

Pengujian kedua dilakukan pada 21 Maret 2018 dilakukan selama kurang lebih tujuh menit pada 14:53 hingga 15:00. Pengujian proses pembubutan dilakukan secara normal. Data yang didapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 9. Selama membubut kurang lebih tujuh menit, didapat suhu rata-rata sebesar $35,16\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan getaran rata-rata yang didapat pada sumbu x sebesar 0 m/s^2 , untuk sumbu y sebesar $-0,000246\text{ m/s}^2$, dan untuk sumbu z sebesar $-0,000247\text{ m/s}^2$. Daya rata-rata yang digunakan selama proses pembubutan selama kurang lebih tujuh menit adalah sebesar 243,67-Watt dan energi yang digunakan adalah sebesar 27 kWh (kWh).

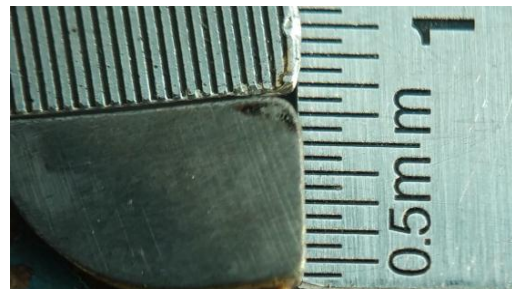
Setelah menggunakan pahat yang tumpul, dilakukan pengukuran kembali untuk mengetahui kondisi pahat. Ternyata setelah diukur, tidak terdapat perbedaan pada pahat. Hal ini disebabkan bahan yang digunakan dalam proses pembubutan berjenis kayu, sehingga ketumpulan pahat tidak cepat berkurang. Kondisi pahat dapat dilihat pada Gambar 10.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan pengujian, maka didapat kesimpulan, modifikasi mesin bubut dapat dilakukan dengan cara memasang beberapa sensor, seperti sensor suhu, sensor *accelerometer* dan sensor energi



Gambar 9. Data hasil pengujian kedua menggunakan rancangan kedua



Gambar 10. Kondisi pahat setelah digunakan

Sensor yang direkomendasikan untuk sensor suhu adalah sensor HTU21D karena perbedaan suhu rata-rata yang diperoleh oleh sensor MLX90614 adalah sebesar $1,89\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perbedaan suhu tersebut disebabkan sensor MLX90614 tertutup oleh geram kayu pada saat pembubutan sehingga pemantauan suhu pada pahat tidak dapat memantau kondisi pahat secara maksimal.

Untuk sensor *accelerometer* direkomendasikan menggunakan sensor LIS3DH. Nilai rata-rata perbandingan setiap sensor dengan sumbu MPU6050 lebih sensitif, tidak perlu perhitungan ulang jika ingin langsung menggunakan hasil yang didapat oleh sensor. Nilai sensor MPU6050 untuk sumbu x sebesar $3,926\text{ m/s}^2$, untuk sumbu y sebesar $-0,17\text{ m/s}^2$, dan untuk sumbu z sebesar $0,3\text{ m/s}^2$. Nilai sensor LIS3DH untuk sumbu x sebesar 0 m/s^2 , untuk sumbu y sebesar $-0,000246\text{ m/s}^2$, dan untuk sumbu z sebesar $0,000247\text{ m/s}^2$. Jika nilai setiap sumbu semakin mendekati nilai 0, maka

sensitivitas sensor akan meningkat. Hasil perbandingan sensor ini sebagai modifikasi mesin bubut diharapkan dapat bermanfaat untuk mengantisipasi kerugian waktu dan keselamatan kerja.

Penelitian selanjutnya adalah mengirimkan data sensor tersebut ke *web server* agar dapat dilakukan analisa yang berguna untuk *preventive maintenance* mesin.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Sadiyoko, "Industry 4.0: Ancamana, Tantangan, atau Kesempatan?" *Oratio Dies pada: Dies Natalis XXIV Fakultas Teknologi Industri*, April, 2017.
- [2] Industry 4.0: Global Digital Operations Study 2018 (September 2015) *Industry 4.0: Building the digital enterprise* [Online]. Available: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- [3] Rusnaldy, *et.al.* "Monitoring Kondisi Pahat Dengan Sinyal Getaran Pada Proses Bubut" *Rotasi pada: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*, 2011.
- [4] Hafizuddin, "Analisa Rambatan Temperatur Pada Proses Bubut Terhadap Pahat HSS Dan Benda Uji" *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Syiah Kuala Darussalam, Banda Aceh*, 2014.
- [5] Antonov dan Y. Oktariani, "Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase" *Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 5, No. 1*; Januari 2016.
- [6] J. T. Black and R.A. Kohser, *De Garmo's Materials & Processes in Manufacturing*, 10th Edition, Times Ten by Preparè, 2008.
- [7] A. P. Bayuseno, "Kajian Pustaka Tentang Keausan Pada Pahat Bubut" *Program Magister Teknik Mesin, Pascasarjana Universitas Diponegoro*, April, 2010.
- [8] Measurement, "HTU21D(F) Sensor", Datasheet, Oktober, 2013
- [9] Invensense, "MPU-6000/MPU-6050 Product Specification Datasheet" Datasheet, 19 Agustus 2013.

Tunggul Arief Nugroho, memperoleh Sarjana Teknik bidang Teknik Elektro diperoleh di ITB pada Oktober 1991 dan Magister Teknik bidang yang sama dengan subbidang Sistem Informasi Telekomunikasi pada Oktober 2001. Minat penelitian pada teknologi *wireless communication* dan aplikasi jaringan sensor nirkabel

Dina Angela, menyelesaikan S1 Jurusan Teknik Elektro bidang Telekomunikasi di Universitas Kristen Maranatha pada 1999 dan S2 Jurusan Teknik Elektro bidang Telekomunikasi di Institut Teknologi Bandung pada 2003. Bidang penelitian: antena dan propagasi dan sistem komunikasi.

Samuel Christian Junaedi, menerima gelar Sarjana Komputer dari Institut Teknologi Harapan Bangsa jurusan *Media and Internet Technology* pada tahun 2018.

Halaman kosong