



# Lengan Robot Penampil Waktu Pada Media Pasir

Tri Aryani<sup>1</sup>, Djoko Untoro Suwarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia

<sup>1</sup>e-mail : [aryhani97@gmail.com](mailto:aryhani97@gmail.com)

<sup>2</sup> email: [joko\\_unt@usd.ac.id](mailto:joko_unt@usd.ac.id)

**Abstrak**— Perkembangan teknologi saat ini semakin pesat, terutama dunia robotika mengalami perkembangan dalam berbagai bidang. Perkembangan teknologi memiliki peran yang sangat penting dalam menunjang aktivitas manusia untuk mempermudah dalam melakukan pekerjaan sehingga mendapatkan hasil yang maksimal. Robot bukan hanya sebuah mainan yang canggih, namun robot adalah sebuah penerapan dari ilmu pengetahuan. Lengan robot memiliki peran penting untuk mengurangi kecelakaan kerja bagi manusia yang bekerja pada bidang pekerjaan yang berhubungan dengan bahan-bahan kimia berbahaya dan pengangkatan benda-benda berat, meminimalisasi human error, serta untuk meng-otomasi bidang pekerjaan yang masih dilakukan secara manual agar proses produksi menjadi lebih efisien. Lengan robot dapat melakukan beberapa tugas seperti memilih, memindah, mengangkat dan menempatkan suatu objek, gerakannya diadaptasi dari mengamati beberapa tugas-tugas manual yang sama dilakukan oleh lengan manusia. Lengan manusia pada dunia robotika disebut robot manipulator. Robot manipulator mempunyai dua gerakan pada pergerakan link, yaitu *revolute joint* (sendi putar) dan *prismatic joint* (sendi geser). Struktur lengan manipulator membentuk sebuah gerakan pantograf dengan menggunakan perhitungan *invers* kinematika. Lengan digerakkan oleh motor servo yang dikendalikan oleh Atmega8. Pengujian ini dilakukan untuk menampilkan waktu dengan sudut yang dibutuhkan. Adapun kesalahan yang terjadi disebabkan pembulatan pada perhitungan sudut.

**Kata Kunci**— kinematika, lengan robot, pantograph, teknologi

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, saat ini dunia robotika juga mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam berbagai bidang baik itu industri, seni, pendidikan, medis dan lain sebagainya. Perkembangan teknologi memiliki peran penting dalam menunjang aktivitas manusia dalam melakukan pekerjaan agar lebih efektif dan efisien. Berbagai macam riset tentang robotika terus-menerus dikembangkan untuk menyempurnakan fungsi robot dalam membantu pekerjaan manusia. Definisi robot sendiri adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia maupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu (kecerdasan buatan).

Salah satu jenis robot yang sudah banyak digunakan oleh manusia adalah robot manipulator (robot lengan). Manipulator merupakan bagian mekanik yang dapat difungsikan untuk memindah, mengangkat, dan memanipulasi benda kerja. Robot manipulator mempunyai dua gerakan pada pergerakan link, yaitu *revolute joint* (sendi putar) dan *prismatic joint* (sendi geser). Struktur lengan manipulator membentuk sebuah rangkaian kinematika.

Jam pasir mungkin telah digunakan oleh orang Yunani atau Romawi Kuno. Pada awal abad ke-14 jam pasir secara umum digunakan di Italia dan tampaknya telah banyak digunakan di seluruh Eropa Barat hingga akhir abad ke-15. Tetapi jenis jam pasir yang digunakan adalah jam pasir yang terbuat dari tabung kaca. Saat ini banyak terdapat versi miniature dalam pembuatan jam pasir yang digunakan sebagai hiasan.

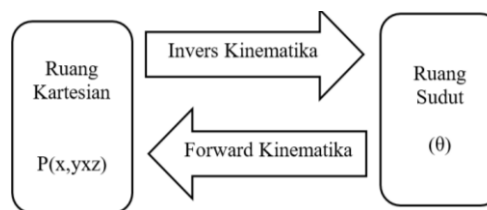
Menuliskan waktu pada media pasir menggunakan lengan robot yang akan dibuat berbeda dengan yang telah dibuat oleh peneliti sebelumnya. Jam ini menuliskan waktu dengan sebuah manipulator robot berupa lengan robot memiliki gerakan pada sumbu x, y, dan z. Lengan digerakkan oleh motor servo yang dikendalikan oleh Atmega8.

## II. LANDASAN TEORI

Komunikasi Mikrokontroler yang digunakan I2C yaitu mengirim data dari nilai RTC untuk menggerakkan motor servo dan motor vibrator.

### A. Kinematika Robot

Setiap Kinematika robot adalah studi analisis pergerakan kaki atau lengan robot terhadap sistem kerangka koordinat acuan yang diam atau bergerak tanpa memperhatikan gaya yang menyebabkan pergerakan tersebut. Model kinematika merepresentasikan hubungan *end effector* dalam ruang tiga dimensi dengan variabel sendi dalam ruang sendi. Gambar 1 menunjukkan konversi antara ruang kartesian dengan ruang sudut.

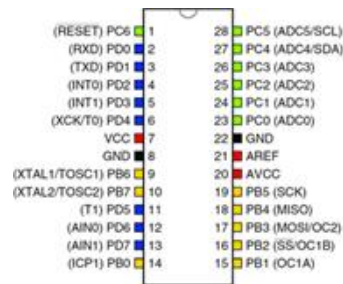


Gambar 1. Model Kinematika Robot [1]

Ada Dalam kinematika dikenal istilah kinematika maju dan kinematika balik. Kinematika maju adalah metode untuk menentukan orientasi dan posisi *end effector* dari besarnya sudut sendi dan panjang link kaki robot. Sedangkan kinematika balik merupakan kebalikan dari forward kinematika yaitu metode untuk mengetahui nilai sudut pada sendi-sendi yang diperlukan agar *end effector* dapat mencapai posisi yang dikehendaki.

### B. AVR Atmega8

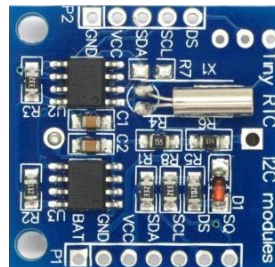
Mikrokontroler Automatic Voltage Regulator (AVR) merupakan salah satu jenis arsitektur mikrokontroler yang menjadi andalan Atmel yang bersifat *low cost* dan *high performance*. Atmega8 adalah *low power* mikrokontroler 8bit dengan arsitektur RISC. Fitur yang dimiliki Atmega8 adalah 8kbyte flash program, 512 byte EEPROM, 1 kbyte SRAM, 2 timer 8bit dan 1 timer 16bit. Untuk menghidupkannya, mikrokontroler ini bisa disambung ke komputer menggunakan koneksi USB, menggunakan adaptor AC-DC, atau baterai. Gambar 2 memperlihatkan kaki kaki AVR tipe Atmega8



Gambar 2. Konfigurasi Pin Atmega8 [1]

### C. Real Time Clock (RTC)

Real time clock (RTC) berupa IC yang mempunyai clock sumber sendiri dan internal baterai untuk menyimpan data waktu dan tanggal. Saat sistem komputer mati, waktu dan tanggal didalam memori RTC tetap update. RTC yang digunakan adalah tipe DS1307 yang terdiri 4 pin (Vcc, Gnd, SCL dan SDA) serta baterai. Selain membaca waktu, RTC juga dapat membaca tanggal, bulan, tahun, hari, minggu dalam waktu nyata. Gambar 3 menunjukkan modul RTC.



Gambar 3. Modul RTC DS1307 [1]

### D. Motor Servo

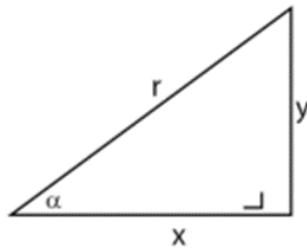
Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor [1]. Gambar 4 menunjukkan motor servo mini.

Motor servo yang digunakan yaitu motor servo Tower Pro SG90. Motor servo ini merupakan jenis motor servo standard  $180^\circ$  yang hanya mampu bergerak dua arah searah putaran jarum jam dan berlawanan jarum jam (CW dan CCW) dengan defleksi masing masing sudut mencapai  $90^\circ$  sehingga total defleksi sudut dari kanan-tengah-kiri adalah  $180^\circ$ . Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah sudut, dimana panjang sudut yang bisa digunakan dari 0 sampai  $180^\circ$ . Apabila motor servo diberikan sudut dengan besar  $90^\circ$  maka servo mencapai gerakan  $90^\circ$  (netral), bila diberikan sudut  $0^\circ$  maka posisi servo  $0^\circ$  (CCW) dan bila diberikan sudut  $180^\circ$  maka posisi servo  $180^\circ$  (CW).



Gambar 4. Motor Servo [1]

### E. Trigonometri



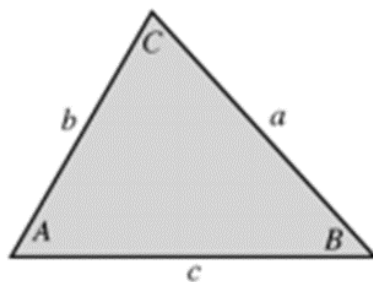
$$x = r \cdot \cos(\alpha) \quad (1)$$

$$y = r \cdot \sin(\alpha) \quad (2)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{y}{x}\right) \quad (4)$$

Hukum cosinus



$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos(C) \quad (5)$$

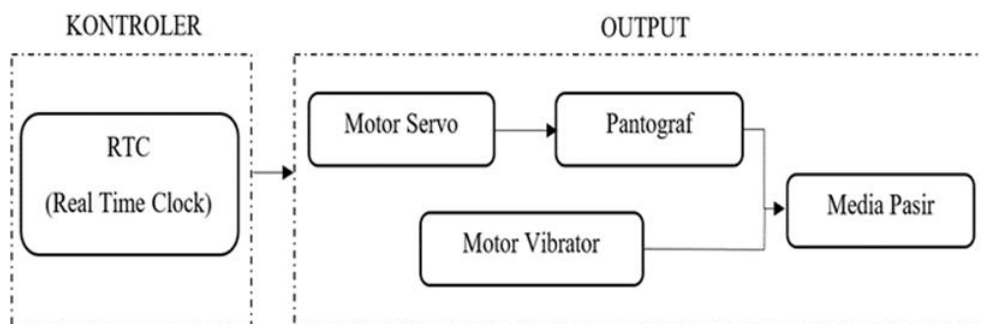
$$\cos(C) = \frac{-c^2 + a^2 + b^2}{2ab} \quad (6)$$

Gambar 5. Aturan cosinus pada segitiga

## III. MODEL YANG DIUSULKAN

### A. Arsitektur Model Secara Umum

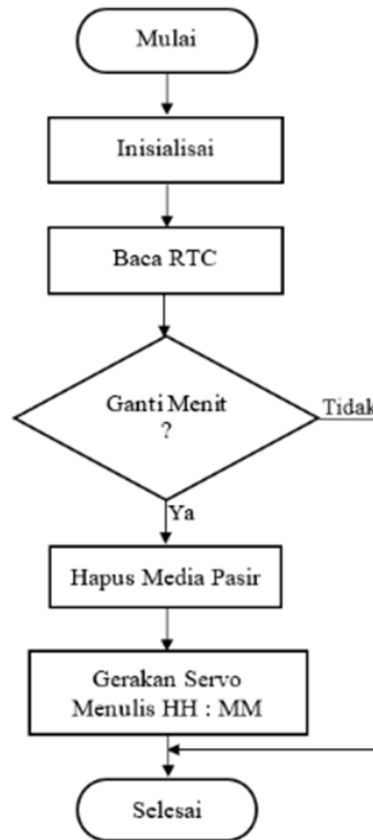
Model yang diusulkan ini digunakan untuk menghasilkan sebuah robot untuk menampilkan waktu dengan penggerak motor servo dan berbasis mikrokontroler. Model yang dibuat merupakan integrasi dari perangkat keras (mikrokontroler, RTC, motor servo, motor vibrator) dan perangkat lunak (pemrograman sistem). Gambaran umum model dapat digambarkan pada arsitektur secara umum sebagaimana dapat dilihat pada gambar.6



Gambar 6. Blok diagram sistem penulis waktu pada media pasir

Sistem terdiri dari RTC sebagai sumber waktu dibaca oleh mikrokontroler. Setiap terjadi perubahan menit maka mikrokontroler mengirimkan perintah ke dua servo untuk menggerakkan mekanisme pantograf untuk menulis pada media pasir. Tulisan pada media pasir dengan format HH:MM. Setiap terjadi pergantian menit, maka tampilan menit yang lama akan dihapus melalui getaran pada motor vibrator. Media pasir yang mengalami getaran akan cenderung untuk meratakan tampilan pasir.

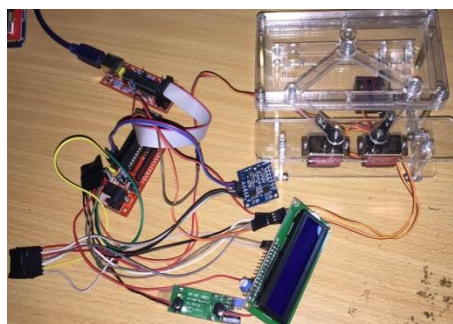
Gambar 7 memperlihatkan diagram alir untuk penampil waktu pada media pasir. Diagram alir dimulai dari inisialisasi port, pin dan variabel pada mikrokontroler. Setelah dilakukan inisialisasi dilakukan pembacaan nilai pada RTC. Bila tidak terjadi pergantian menit, maka pantograf akan tetap diam.



Gambar 7. Diagram alir perancangan perangkat lunak secara keseluruhan

#### IV. IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian mekanisme diperlihatkan pada gambar 8.

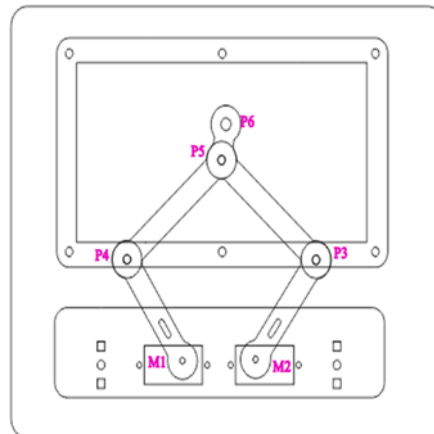


Gambar 8. Sistem penampil waktu pada media pasir

Model robot ini memiliki ruas yang saling terkait sebanyak 4 ruas. Dua ruas digerakkan melalui motor servo. Motor Servo merupakan motor elektrik yang dapat diatur sudut putarannya mulai dari 0° sampai 180°. Ruas yang digerakkan motor servo disambungkan dengan ruas yang terhubung dengan ruas yang digerakkan motor servo lainnya. Kedua ujung ruang diberi

mekanisme untuk menempatkan pena. Posisi ujung pantograf merupakan fungsi dari sudut motor servo 1, sudut motor servo 2 dan panjang ruas  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ , dan  $L_4$  serta jarak antar motor servo.

Pergerakan lengan robot dalam menampilkan waktu menggunakan kinematika balik untuk pergerakan servo 1 dan servo 2 sedangkan servo 3 hanya bergerak untuk mengangkat pena saat pergeseran angka. Dalam perhitungannya, kinematika balik membutuhkan input-an sebanyak 3 (tiga) variable, yaitu posisi kaki di sumbu  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ . Gambar 9



Gambar 9. Desain mekanik pantograf

Pengujian gerakan mekanik lengan robot bertujuan untuk mengetahui besarnya sudut-sudut joint dari sistem lengan robot untuk mencapai suatu titik pada koordinat tertentu. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah membandingkan hasil perhitungan sudut-sudut lengan robot secara matematis dengan hasil gerakan motor servo yang membentuk sudut pada joint ketika mencapai suatu titik posisi.

Berdasarkan data pengujian sudut motor servo yang diukur menggunakan busur derajat, didapatkan nilai OCR motor. Pengujian dilakukan tiap pergerakan lengan menuju tiap titik dalam menampilkan setiap angkanya. Range sudut pengujian motor servo yaitu 0 derajat sampai 180 derajat. Nilai 180 derajat menjadi batas maksimal karena pada implementasi lengan robot hanya membutuhkan pergerakan maksimal 180 derajat.

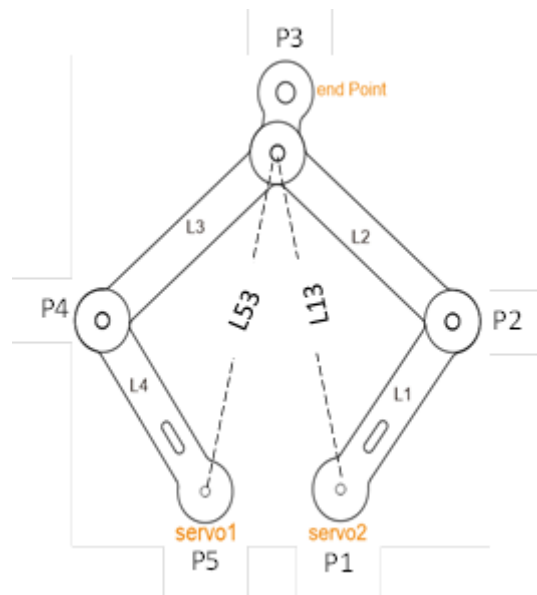
Pergerakan lengan robot dalam menampilkan waktu menggunakan invers kinematic untuk pergerakan servo 1 dan servo 2 sedangkan servo 3 hanya bergerak untuk mengangkat pena saat pergeseran angka. Dalam perhitungannya, invers kinematic membutuhkan input-an sebanyak 3 (tiga) variable, yaitu posisi kaki di sumbu  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ .

Pengujian gerakan mekanik lengan robot secara matematis menggunakan metode perhitungan invers kinematics. Perhitungan invers merupakan implementasi dari hukum geometri [1].

Menurut aturan cosinus, sudut yang berhadapan dengan suatu sisi dapat dihitung menggunakan kedua sisi yang lain seperti terlihat pada persamaan (5) sedangkan perhitungan sudut  $C$  menggunakan persamaan (6).

Pantograf dengan parameter ruas  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  dan  $L_4$ , serta jarak antara  $P_1$  dan  $P_5$ . Perhitungan invers pada pantograf yaitu perhitungan titik ujung pena  $P_3$  berdasarkan sudut ruas  $L_1$  dan sudut ruas  $L_4$ . Dengan parameter sebagai berikut:

- $L_1$  merupakan panjang ruas yang menghubungkan titik  $P_1$  dan  $P_2$
- $L_2$  merupakan panjang ruas dari titik  $P_2$  menuju  $P_3$
- $L_3$  merupakan panjang ruas antara titik  $P_3$  menuju  $P_4$
- $L_4$  merupakan panjang ruas yang menghubungkan  $P_4$  dan  $P_5$
- $L_{53}$  merupakan panjang antara titik  $P_5$  menuju  $P_3$
- $L_{13}$  merupakan panjang antara titik  $P_1$  dan titik  $P_3$



Gambar 9. Kinematika Pantograf

Dari uraian analisis geometri pantograf, sudut yang dihasilkan oleh servo 1 yaitu sudut  $\alpha_1$  dan sudut  $\theta_5$  mempengaruhi posisi P3 yang terjadi. Berdasarkan algoritma diatas didapat rumus invers kinematik dengan mengacu persamaan (7) sampai persamaan (15). Pengujian dilakukan dengan beberapa titik yaitu titik referensi untuk setiap angka.

$$L_{13} = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (7)$$

$$L_{53} = \sqrt{(x + L_5)^2 + y^2} \quad (8)$$

$$\alpha_1 = \cos^{-1} \frac{L_1^2 + L_{13}^2 - L_2^2}{2 \times L_1 \times L_{13}} \quad (9)$$

$$\beta_1 = \tan^{-1} \left( -\frac{y}{x} \right) \quad (10)$$

$$\theta_1 = \pi - \alpha_1 - \beta_1 \quad (11)$$

$$\alpha_5 = \tan^{-1} \left( \frac{y}{x} + L_5 \right) \quad (12)$$

$$\beta_5 = \cos^{-1} \frac{L_{53}^2 + L_4^2 - L_3^2}{2 \times L_{53} \times L_4} \quad (14)$$

$$\theta_5 = \alpha_5 + \beta_5 \quad (15)$$

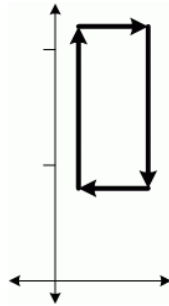
Sebagai contoh untuk melakukan perhitungan secara kinematika balik pada angka 0 pada koordinat xy(). Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan kinematika balik pada titik referensi angka 0.

TABEL 1  
HASIL PERHITUNGAN POSISI DAN SUDUT UNTUK KARAKTER 0

| Angka | X | Y  | $\alpha_1$ | $\beta_1$ | $\theta_1$ | $\alpha_5$ | $\beta_5$ | $\theta_5$ |
|-------|---|----|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| 0     | 1 | 11 | 68,5       | -84,8     | 19,4       | 87,3       | 58,7      | 146        |
|       | 4 | 11 | 67         | -70       | 6,1        | 85,5       | 53,6      | 139,1      |
|       | 4 | 4  | 79         | -45       | -30,8      | 84,8       | 60,9      | 145,7      |
|       | 1 | 4  | 82,1       | -75,9     | -3         | 85,9       | 67        | 152,9      |

Hasil penampilan angka 0 yang dilakukan dengan sistem lengan robot ini sudah sesuai dengan perancangannya namun belum dapat dikatakan sempurna. Cara penampilannya yaitu

menggambarkan titik-titik koordinat sesuai urutan koordinat nilai sumbu x,y. seperti terlihat pada gambar 10



Gambar 10. Karakter nol

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu

1. Pembuatan lengan robot menggunakan kinematika pantograph.
2. Mekanisme pantograf dapat diuraikan dengan menggunakan aturan-aturan dasar geometri
3. Perhitungan invers pada pantograf yaitu menentukan sudut sudut pada penggerak L1 dan L2 terhadap titik ujung pena P3,
4. Mekanisme pantograf dapat memberikan wawasan aplikasi pantograf pada peralatan tertentu seperti penskala gambar, robot penggambar, robot kaki.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Setiawan, F. and B. Rahmadya, "PENERAPAN INVERS KINEMATIKA UNTUK PERGERAKAN KAKI ROBOT," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, p. 2, 2015.
- [2] "Chip Hall of Fame: Atmel ATmega8," *IEEE SPECTRUM*, 2017.
- [3] "Interface DS1307 RTC Module," *Last Minute Engineers*, 2019.
- [4] "Motor Servo Basics," *Components 101*, 2019.
- [5] "Motor Servo," *Electrocircuit*, 2018.
- [6] E. W. Weisstein, "Pantograph," 6 Februari 2019. [Online]. Available: <http://mathworld.wolfram.com/Pantograph.html>. [Accessed 1 Agustus 2019].



Tri Aryani, mahasiswa S1 Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, angkatan 2015



Djoko Untoro Suwarno. S,Si, M.T, dosen pada program studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, Bidang ilmu yang ditekuni yaitu Teknik Kendali, Instrumentasi, Robotika, PLC, aplikasi mikrokontroler