ISSN-2723-2999, Volume 1, Oktober 2026

SIMULASI PENGENDALIAN URUTAN FASA MOTOR STEPPER MENGGUNAKAN ARDUINO UNO DENGAN INDIKATOR LED BERBASIS DIAGRAM ALIR

Budiono[1)], Sindu Prabowo[2)], Dimas Cahyo Nugroho[3)]
Dimas Aji Wicaksono[4)], Moh. Julio Cesar[5)], Heri Setiawan[6)]
[123456] Program studi Teknik Elektonika, Politeknik Angkatan Darat
budiono@poltekad.ac.id[1)], sinduprabowo24@gmail.com[2)], dhimascahyo63@gmail.com[3)],
dimasajiwicaks@gmail.com[4)], mohammadjulio29@gmail.com[5)], herisetiawan@poltekad.ac.id[6)]

Abstract

Stepper motors are widely used in positioning systems because they rotate in discrete steps without requiring position feedback. Each step is produced by energizing the motor coils in a specific phase sequence. This study designs and simulates a four-phase stepper motor excitation sequence using an Arduino Uno microcontroller, in which four LEDs connected to pins 10, 11, 12, and 13 represent the four motor coils. The design follows a flowchart consisting of pin initialization, a FOR loop of 150 cycles, and a sequence of HIGH–LOW outputs with a 10 ms delay on each phase, implemented with Active High logic. Analysis shows that each cycle consists of four steps with a total duration of 80 ms, so that 150 cycles produce 600 steps in 12 seconds at a step frequency of 50 Hz. An improved program using an array and a direction function is also presented as the basis for driving a real stepper motor through a driver such as the ULN2003. A questionnaire given to 25 respondents shows the average understanding score rising from 56.6 to 83.2.

Keywords: *stepper motor, Arduino Uno, wave drive, phase sequence, flowchart*

Abstrak

Motor stepper banyak digunakan pada sistem pemosisian karena berputar secara diskrit per langkah tanpa memerlukan umpan balik posisi. Setiap langkah dihasilkan dengan mengaktifkan kumparan motor menurut urutan fasa tertentu. Penelitian ini merancang dan mensimulasikan urutan eksitasi motor stepper empat fasa menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, dengan empat LED pada pin 10, 11, 12, dan 13 sebagai representasi keempat kumparan motor. Perancangan mengikuti diagram alir yang terdiri atas inisialisasi pin, perulangan FOR sebanyak 150 siklus, serta urutan keluaran HIGH–LOW dengan tunda 10 ms pada tiap fasa, yang diterapkan dengan logika Active High. Hasil analisis menunjukkan bahwa satu siklus terdiri atas empat langkah dengan durasi 80 ms, sehingga 150 siklus menghasilkan 600 langkah dalam 12 detik dengan frekuensi langkah 50 Hz. Program penyempurnaan berbasis larik dan fungsi arah putar juga disajikan sebagai dasar untuk menggerakkan motor stepper sesungguhnya melalui driver seperti ULN2003. Kuesioner pada 25 responden menunjukkan skor pemahaman rata-rata meningkat dari 56,6 menjadi 83,2.

Kata kunci: *motor stepper, Arduino Uno, wave drive, urutan fasa, diagram alir*

1. PENDAHULUAN

Motor stepper adalah motor DC tanpa sikat yang berputar dalam langkah-langkah sudut diskrit. Berbeda dengan motor DC biasa, posisi poros motor stepper ditentukan oleh jumlah pulsa yang diberikan ke kumparannya, sehingga motor ini banyak digunakan pada printer 3D,

ISSN-2723-2999, Volume 1, Oktober 2026

mesin CNC, pemindai, robot, dan berbagai sistem pemosisian lain yang membutuhkan ketelitian tanpa sensor umpan balik (Kenjo, 1984; Athani, 1997).

Gerakan satu langkah diperoleh dengan mengaktifkan kumparan motor menurut urutan fasa yang tepat. Urutan ini dihasilkan oleh pengendali digital, dan salah satu pilihan yang mudah dipelajari adalah mikrokontroler Arduino Uno berbasis ATmega328 (Banzi & Shiloh, 2014; Microchip Technology, 2020). Sebelum urutan fasa dihubungkan ke motor yang sesungguhnya, urutan tersebut dapat diuji lebih dahulu secara aman menggunakan simulasi, dengan LED sebagai pengganti kumparan sehingga urutan fasa tampak jelas sebagai nyala LED yang bergantian.

Tujuan penelitian ini adalah (1) merancang rangkaian simulasi empat fasa dengan Arduino Uno dan empat LED pada pin 10 sampai 13, (2) menyusun diagram alir dan program urutan fasa motor stepper, serta (3) menganalisis urutan dan waktu langkah yang dihasilkan sebagai dasar penerapan pada motor stepper sesungguhnya.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Motor Stepper

Motor stepper bergerak sebesar satu sudut langkah (*step angle*) setiap kali kumparannya diberi urutan eksitasi berikutnya. Jumlah langkah per putaran dihitung dengan $N = 360°/\theta$. Motor dengan sudut langkah $\theta = 1{,}8°$, misalnya, memerlukan 200 langkah untuk satu putaran penuh. Kecepatan putar ditentukan oleh frekuensi langkah, sedangkan arah putar ditentukan oleh arah urutan fasa (Athani, 1997; Acarnley, 2002; Condit & Jones, 2004).

2.2 Mode Penggerak

Terdapat tiga mode penggerak yang umum digunakan pada motor stepper unipolar empat fasa, yaitu *wave drive*, *full step*, dan *half step*, seperti dirangkum pada Tabel 1 (Condit & Jones, 2004; Hughes & Drury, 2013). Penelitian ini menggunakan mode *wave drive*, yaitu hanya satu fasa yang aktif pada satu saat.

Tabel 1. Perbandingan mode penggerak motor stepper

Mode	Fasa aktif	Langkah / siklus	Ciri
Wave drive	1 fasa	4	Paling sederhana, torsi lebih kecil
Full step	2 fasa	4	Torsi lebih besar
Half step	1 dan 2 fasa bergantian	8	Resolusi dua kali lipat

2.3 Logika Active High dan Driver

Pada logika *Active High*, sebuah fasa dianggap aktif ketika pin keluaran bernilai HIGH (5 V) (Floyd, 2015). Pin Arduino Uno hanya mampu mengalirkan arus yang kecil (rekomendasi 20 mA per pin), sedangkan kumparan motor stepper memerlukan arus yang jauh lebih besar. Karena itu, pada penerapan sesungguhnya pin keluaran tidak dihubungkan langsung ke kumparan, melainkan melalui rangkaian driver seperti IC ULN2003 atau transistor (Texas Instruments, 2016; Arduino, 2023).

3. METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

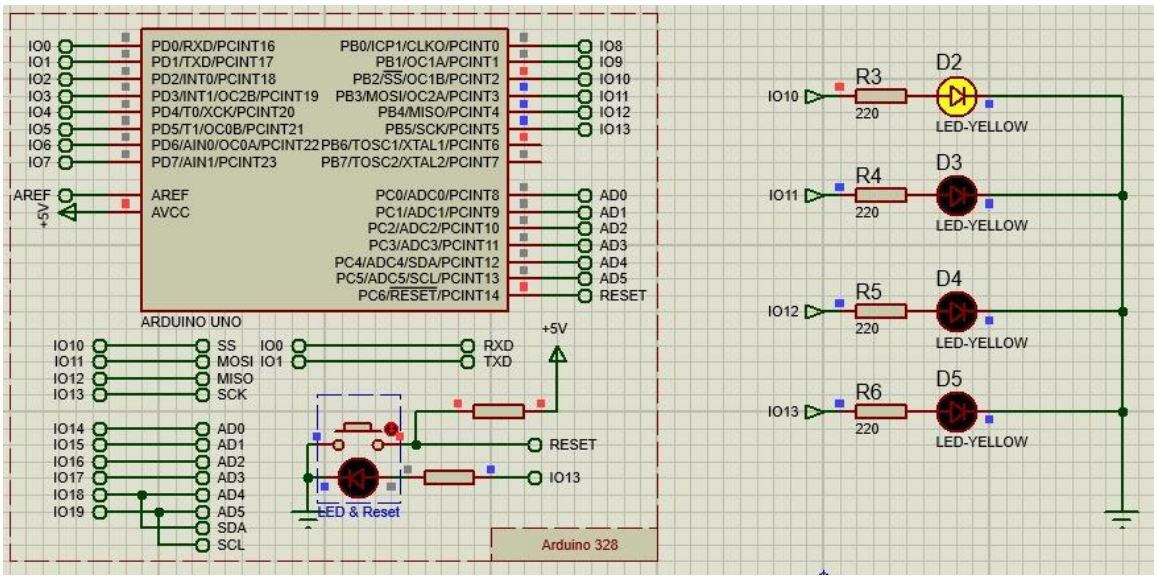
Perancangan dilakukan secara simulasi menggunakan perangkat lunak Proteus untuk menggambar dan menjalankan rangkaian, serta Arduino IDE untuk menulis program. Rangkaian untuk motor stepper sesungguhnya digambar dengan Fritzing, menggunakan modul driver ULN2003 dan motor stepper. Komponen yang digunakan adalah satu modul Arduino Uno (ATmega328; Mazidi et al., 2010), empat LED kuning (LED-YELLOW) yaitu D2, D3, D4, dan D5, empat resistor 220 Ω (R3 sampai R6) sebagai pembatas arus, serta titik *ground* sebagai acuan.

3.2 Perancangan Rangkaian

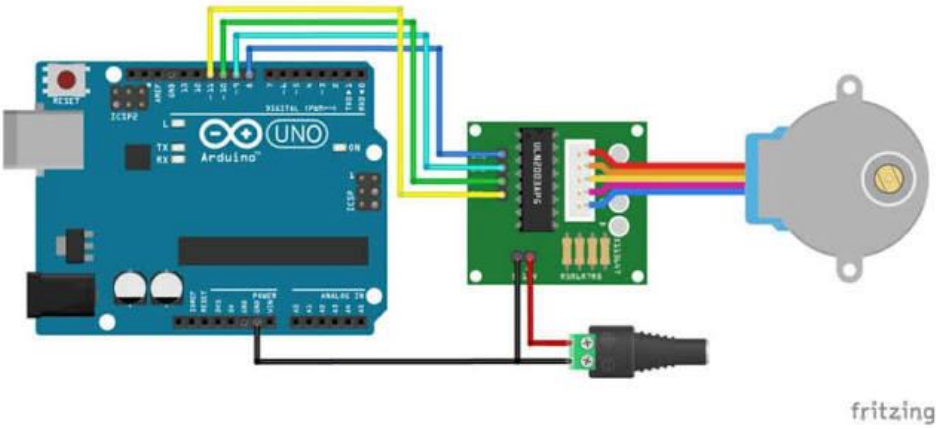
Rangkaian simulasi ditunjukkan pada Gambar 1. Keempat LED mewakili empat kumparan (fasa) motor stepper. Setiap LED dihubungkan ke satu pin keluaran digital

ISSN-2723-2999, Volume 1, Oktober 2026

Arduino dan sisi lainnya ke *ground* bersama, dengan pemetaan pin seperti pada Tabel 2. Pada rangkaian simulasi, setiap LED diberi resistor seri 220 Ω (R3 sampai R6) untuk membatasi arus. Untuk motor stepper sesungguhnya, rangkaian disusun seperti pada Gambar 2, yaitu empat pin keluaran Arduino dihubungkan ke masukan modul driver ULN2003 yang mendapat catu daya terpisah, dan keluaran driver dihubungkan ke kumparan motor stepper.



Gambar 1. Rangkaian simulasi empat fasa pada Proteus: Arduino Uno dengan empat LED pada pin IO10–IO13



Gambar 2. Rangkaian Arduino Uno dengan driver ULN2003 dan motor stepper (Fritzing)

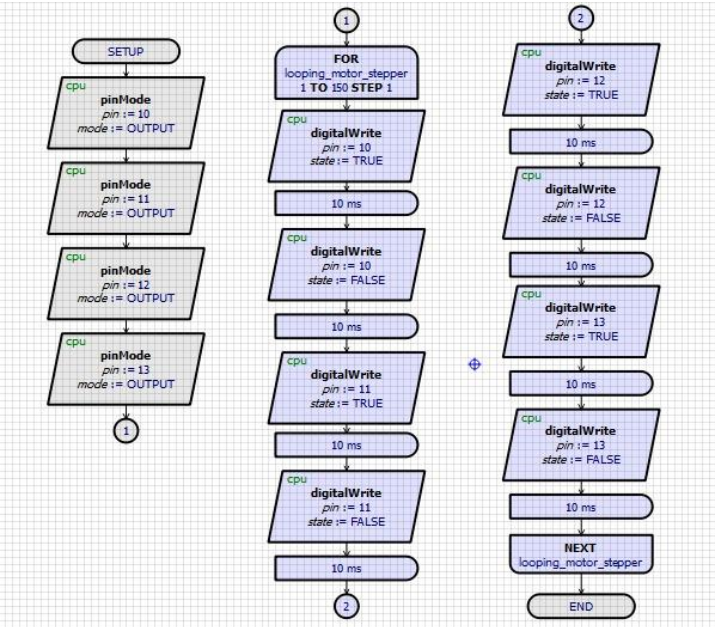
Tabel 2. Pemetaan pin Arduino ke LED dan fasa

Pin	LED	Warna	Fasa
IO10	D2	YELLOW	Fasa 1
IO11	D3	YELLOW	Fasa 2
IO12	D4	YELLOW	Fasa 3
IO13	D5	YELLOW	Fasa 4

3.3 Perancangan Diagram Alir

Diagram alir program ditunjukkan pada Gambar 3 (Nassi & Shneiderman, 1973). Pada bagian *SETUP*, pin 10, 11, 12, dan 13 diatur sebagai keluaran (*OUTPUT*). Selanjutnya program masuk ke perulangan *FOR* dari 1 sampai 150 dengan kenaikan 1. Di dalam perulangan, setiap pin berturut-turut diberi HIGH selama 10 ms lalu LOW selama 10 ms, dimulai dari pin 10, 11, 12, dan terakhir pin 13. Setelah perulangan selesai (*NEXT*), program berakhir (*END*).

ISSN-2723-2999, Volume 1, Oktober 2026



Gambar 3. Diagram alir urutan fasa: pengaturan pin, perulangan FOR 150 siklus, dan urutan keluaran pin 10–13

3.4 Pengumpulan Data dengan Kuesioner

Untuk mengukur pemahaman peserta terhadap urutan fasa motor stepper, digunakan kuesioner berbentuk tes pemahaman yang diberikan sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) penjelasan simulasi. Responden adalah 25 orang taruna Program Studi Teknik Elektronika yang seluruhnya mengisi kedua kuesioner. Kuesioner terdiri atas 20 butir soal pilihan ganda dalam lima indikator seperti pada Tabel 4, dengan skor 5 untuk setiap jawaban benar sehingga skor maksimum 100. Skor dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu Rendah (< 60), Sedang (60–79), dan Tinggi (≥ 80). Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan skor rata-rata dan sebaran kategori sebelum dan sesudah simulasi (Sugiyono, 2019).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Program Arduino

Program pada Listing 1 disusun langsung dari diagram alir pada Gambar 3 (Kadir, 2013; Margolis, 2011). Setiap blok *pinMode*, *digitalWrite*, dan tunda 10 ms pada diagram alir menjadi satu baris perintah, dan perulangan *FOR* diterjemahkan menjadi perulangan *for* yang berakhir dengan *while (true)* agar program berhenti pada blok *END*.

Listing 1. Program urutan fasa sesuai diagram alir

```
/*
  Simulasi Urutan Fasa Motor Stepper
  Arduino Uno - fasa di pin 10, 11, 12, 13
  Logika: Active High (HIGH = aktif)
*/

void setup() {
  pinMode(10, OUTPUT);   // Fasa 1 (LED D2)
  pinMode(11, OUTPUT);   // Fasa 2 (LED D3)
  pinMode(12, OUTPUT);   // Fasa 3 (LED D4)
  pinMode(13, OUTPUT);   // Fasa 4 (LED D5)
}

void loop() {
  // 150 siklus
  for (int i = 1; i <= 150; i++) {
    digitalWrite(10, HIGH);  delay(10);
    digitalWrite(10, LOW);   delay(10);

    digitalWrite(11, HIGH);  delay(10);
    digitalWrite(11, LOW);   delay(10);

    digitalWrite(12, HIGH);  delay(10);
    digitalWrite(12, LOW);   delay(10);

    digitalWrite(13, HIGH);  delay(10);
    digitalWrite(13, LOW);   delay(10);
  }
  while (true);   // END
}
```

4.2 Analisis Urutan dan Waktu

Berdasarkan program, LED menyala bergantian dengan urutan D2, D3, D4, D5 (pin 10, 11, 12, 13), lalu urutan tersebut diulang. Waktu langkah dan jumlah langkah yang dihasilkan diringkas pada Tabel 3. Tiap fasa

ISSN-2723-2999, Volume 1, Oktober 2026

aktif selama 10 ms dan padam selama 10 ms sehingga satu langkah memerlukan 20 ms; satu siklus (empat fasa) memerlukan 80 ms, dan 150 siklus menghasilkan 600 langkah dalam 12 detik, atau frekuensi langkah 50 Hz.

Tabel 3. Parameter waktu program urutan fasa

Parameter	Nilai
Tunda fasa aktif (HIGH)	10 ms
Tunda fasa padam (LOW)	10 ms
Waktu per langkah	20 ms
Waktu per siklus (4 langkah)	80 ms
Jumlah siklus	150
Total langkah	600
Total waktu	12 detik
Frekuensi langkah	50 Hz

Bila rangkaian ini digunakan pada motor stepper dengan sudut langkah 1,8° (Bolton, 2015), maka 600 langkah setara dengan putaran sebesar 600 × 1,8° = 1080° atau 3 putaran penuh, dengan kecepatan 50 langkah/detik ÷ 200 langkah/putaran × 60 = 15 putaran per menit (rpm).

4.3 Hasil Kuesioner Pemahaman

Kisi-kisi kuesioner disajikan pada Tabel 4. Rekapitulasi skor tiap responden disajikan pada Tabel 5, dan pengelompokannya ke dalam tiga kategori pemahaman disajikan pada Tabel 6.

Tabel 4. Kisi-kisi kuesioner pemahaman urutan fasa motor stepper

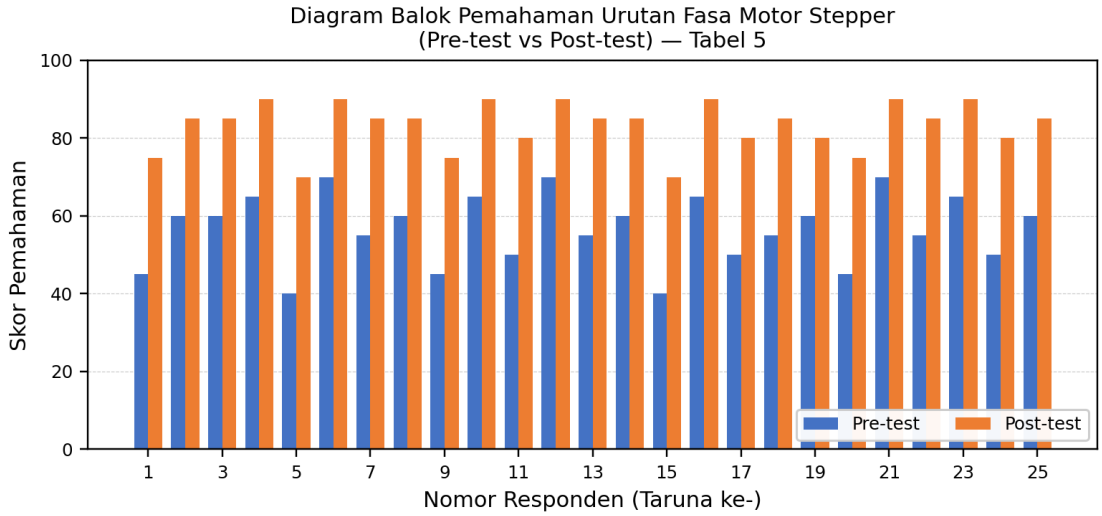
No	Indikator	Jumlah soal	Contoh butir
1	Pengenalan komponen dan pemetaan pin	3	Pin Arduino yang terhubung ke LED D2
2	Membaca diagram alir	4	Blok yang mengatur pin sebagai OUTPUT
3	Urutan fasa wave drive	5	Urutan LED yang menyala pada satu siklus
4	Logika Active High	4	Kondisi pin agar LED menyala
5	Waktu langkah dan putaran	4	Total waktu 150 siklus pada tunda 10 ms
	Jumlah	**20**	

Tabel 5. Rekapitulasi hasil kuesioner pemahaman urutan fasa motor stepper

No	Responden	Pre-test	Kategori Pre-test	Post-test	Kategori Post-test	Peningkatan
1	Taruna 1	45	Rendah	75	Sedang	30
2	Taruna 2	60	Sedang	85	Tinggi	25
3	Taruna 3	60	Sedang	85	Tinggi	25
4	Taruna 4	65	Sedang	90	Tinggi	25
5	Taruna 5	40	Rendah	70	Sedang	30
6	Taruna 6	70	Sedang	90	Tinggi	20
7	Taruna 7	55	Rendah	85	Tinggi	30
8	Taruna 8	60	Sedang	85	Tinggi	25
9	Taruna 9	45	Rendah	75	Sedang	30
10	Taruna 10	65	Sedang	90	Tinggi	25
11	Taruna 11	50	Rendah	80	Tinggi	30
12	Taruna 12	70	Sedang	90	Tinggi	20
13	Taruna 13	55	Rendah	85	Tinggi	30
14	Taruna 14	60	Sedang	85	Tinggi	25
15	Taruna 15	40	Rendah	70	Sedang	30
16	Taruna 16	65	Sedang	90	Tinggi	25
17	Taruna 17	50	Rendah	80	Tinggi	30
18	Taruna 18	55	Rendah	85	Tinggi	30
19	Taruna 19	60	Sedang	80	Tinggi	20
20	Taruna 20	45	Rendah	75	Sedang	30
21	Taruna 21	70	Sedang	90	Tinggi	20
22	Taruna 22	55	Rendah	85	Tinggi	30
23	Taruna 23	65	Sedang	90	Tinggi	25
24	Taruna 24	50	Rendah	80	Tinggi	30
25	Taruna 25	60	Sedang	85	Tinggi	25

ISSN-2723-2999, Volume 1, Oktober 2026

No	Responden	Pre-test	Kategori Pre-test	Post-test	Kategori Post-test	Peningkatan
	Rata-rata	**56,6**		**83,2**		**26,6**



Gambar 4. Diagram balok perbandingan skor pemahaman pre-test dan post-test per responden (Tabel 5)

Pada Tabel 5, skor rata-rata naik dari 56,6 pada *pre-test* menjadi 83,2 pada *post-test*, atau meningkat rata-rata 26,6 poin, dan seluruh responden mengalami kenaikan skor. Pada Tabel 6, sebelum simulasi tidak ada responden berkategori Tinggi, sedangkan sesudahnya 20 dari 25 responden (80,0%) mencapai kategori Tinggi dan tidak ada lagi yang berkategori Rendah. Peningkatan ternormalisasi (*N-gain*; Hake, 1998) rata-rata sebesar 0,62 termasuk kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa penjelasan berbasis diagram alir dan simulasi LED membantu responden memahami urutan fasa motor stepper.

Tabel 6. Rekapitulasi kategori tingkat pemahaman sebelum dan sesudah simulasi

Kategori	Pre-test (orang)	Pre-test (%)	Post-test (orang)	Post-test (%)
Rendah	12	48,0	0	0,0
Sedang	13	52,0	5	20,0
Tinggi	0	0,0	20	80,0
Jumlah	**25**	**100,0**	**25**	**100,0**

4.4 Pembahasan

Pada simulasi dengan LED, jeda padam 10 ms di antara fasa membuat setiap nyala LED terlihat jelas. Namun pada motor stepper sesungguhnya, jeda ketika semua fasa padam menyebabkan rotor kehilangan gaya penahan sehingga gerakan menjadi tersendat dan torsi menurun (Acarnley, 2002; Yeadon & Yeadon, 2001). Pada motor nyata, fasa sebelumnya sebaiknya dipadamkan bersamaan dengan diaktifkannya fasa berikutnya, tanpa jeda padam.

Listing 2 menyajikan versi penyempurnaan yang menyimpan nomor pin dalam larik (Monk, 2016), hanya mengaktifkan satu fasa pada satu saat, dan menyediakan pilihan arah putar. Arah searah diperoleh dengan urutan fasa 1-2-3-4, sedangkan arah berlawanan dengan urutan 4-3-2-1. Kecepatan diatur melalui nilai *tundaLangkah*; semakin kecil tunda, semakin cepat putaran, sampai batas kemampuan motor.

Listing 2. Program penyempurnaan dengan larik dan arah putar

```
const byte fasa[4] = {10, 11, 12, 13};
const int jumlahSiklus = 150;
const int tundaLangkah = 10;   // ms

// Hanya fasa ke-n yang aktif
void aktifkanFasa(byte n) {
  for (byte i = 0; i < 4; i++)
    digitalWrite(fasa[i], i == n);
  delay(tundaLangkah);
}

void putar(int siklus, bool searah) {
  for (int s = 0; s < siklus; s++)
    for (byte k = 0; k < 4; k++)
      aktifkanFasa(searah ? k : 3 - k);
}

void setup() {
  for (byte i = 0; i < 4; i++)
    pinMode(fasa[i], OUTPUT);
}

void loop() {
  putar(jumlahSiklus, true);   // searah
  delay(1000);
  putar(jumlahSiklus, false);  // berlawanan
  delay(1000);
}
```

Untuk menggerakkan motor stepper yang sesungguhnya, pin 10 sampai 13 dihubungkan ke masukan driver (misalnya ULN2003), dan driver tersebutlah yang mengalirkan arus ke kumparan motor serta mendapat catu daya sendiri. Mode *full step* atau *half step* dapat diterapkan dengan mengubah urutan keluaran sesuai Tabel 1.

5. KESIMPULAN

Urutan fasa motor stepper empat fasa berhasil dirancang menggunakan Arduino Uno dengan empat LED pada pin 10 sampai 13 sebagai indikator, mengikuti diagram alir berisi inisialisasi pin, perulangan 150 siklus, dan keluaran HIGH–LOW dengan tunda 10 ms. Satu siklus terdiri atas empat langkah dengan durasi 80 ms sehingga 150 siklus menghasilkan 600 langkah dalam 12 detik. Hasil kuesioner pada 25 responden menunjukkan skor pemahaman rata-rata meningkat dari 56,6 menjadi 83,2 setelah simulasi dijelaskan. Agar sesuai untuk motor nyata, jeda padam antarfasa perlu dihilangkan dan keluaran Arduino dihubungkan melalui driver. Pengembangan selanjutnya adalah penerapan pada motor stepper sesungguhnya, penambahan mode *full step* dan *half step*, serta pengaturan kecepatan dan arah melalui tombol atau potensiometer.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan pihak kampus yang telah memberikan dukungan fasilitas dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian ini.

7. REFERENSI

Acarnley, P. P. (2002). Stepping Motors: A Guide to Theory and Practice (4th ed.). Institution of Electrical Engineers.

Arduino. (2023). Arduino Uno Rev3 Documentation. https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3

Athani, V. V. (1997). Stepper Motors: Fundamentals, Applications and Design. New Age International.

Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). Getting Started with Arduino (3rd ed.). Maker Media.

Bolton, W. (2015). Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering (6th ed.). Pearson.

Condit, R., & Jones, D. W. (2004). Stepping Motors Fundamentals (Application Note AN907). Microchip Technology.

Floyd, T. L. (2015). Digital Fundamentals (11th ed.). Pearson.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 66(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Hughes, A., & Drury, B. (2013). Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications (4th ed.). Newnes.

Kadir, A. (2013). Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino. Andi.

Kadir, A. (2018). Dasar Pemrograman Arduino. Informatika.

Kenjo, T. (1984). Stepping Motors and Their Microprocessor Controls. Oxford University Press.

Margolis, M. (2011). Arduino Cookbook (2nd ed.). O'Reilly Media.

Mazidi, M. A., Naimi, S., & Naimi, S. (2010). The AVR Microcontroller and Embedded Systems: Using Assembly and C. Pearson.

Microchip Technology. (2020). ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P Data Sheet. Microchip Technology.

Monk, S. (2016). Programming Arduino: Getting Started with Sketches (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

Nassi, I., & Shneiderman, B. (1973). Flowchart techniques for structured programming. ACM SIGPLAN Notices, 8(8), 12–26.

Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta.

Texas Instruments. (2016). ULN2003A: Darlington Transistor Arrays (Datasheet). https://www.ti.com/product/ULN2003A

Yeadon, W. H., & Yeadon, A. W. (2001). Handbook of Small Electric Motors. McGraw-Hill.