

IMPLEMENTASI KIT TORSI ELEKTRIK SEPEDA UNTUK BANTUAN JALAN MENANJAK

Eko Didik Widiyanto^{*)}, Tri Prasetyo, and R. Rizal Isnanto

Program Studi Sistem Komputer, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

**)E-mail: didik@live.undip.ac.id*

Abstrak

Sepeda menjadi pilihan alat transportasi yang ramah lingkungan dan hemat. Namun, untuk kontur jalan yang menanjak, pengguna sepeda memerlukan tenaga ekstra untuk dapat melewatinya, bahkan harus menuntun sepedanya saat di tanjakan cukup tajam. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan alat bantu untuk menambah torsi secara elektrik. Dalam penelitian ini, kit torsi sepeda dikembangkan yang secara khusus untuk dapat mengontrol kecepatan motor DC pada sebarang kemiringan jalan berdasarkan nilai sumbu Z akselerometer. Kit dikembangkan menggunakan papan Arduino Uno R3, modul akselerometer ADXL345 dan RTC DS3231. Alat telah dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi fungsional yang ditentukan. Motor DC akan mulai berputar saat sudut tanjakan mencapai 20°. Kecepatan maksimal motor DC saat tanpa beban adalah 330 rad/detik dan dengan beban adalah 292 rad/detik.

Kata kunci: kontrol torsi motor DC, kit bantu sepeda, akselerometer, papan Arduino Uno

Abstract

Bike is one of transportation modal that is environmentally friendly and economical. However, for the contours of an uphill road, cyclists need extra energy to be able to pass through, even when the bike should be guided at a fairly steep incline. This can be overcome by providing a tool to increase the torque electrically. In this study, the torque bike kit was developed specifically to be able to control the DC motor speed on any road gradient based on the Z-axis accelerometer. Kit was developed using the Arduino Uno R3 board, accelerometer ADXL345 module and RTC DS3231. The kit has been able to work in accordance with defined functional specifications. DC motor will start spinning when the pitch angle reaches 20°. Maximum velocity of DC motor without load is 330 rad/sec, while with load is 292 rad/sec.

Keywords: DC motor torque control, bike aid kit, accelerometer, Arduino Uno board

1. Pendahuluan

Sepeda merupakan salah satu alat transportasi yang ramah lingkungan dan minim biaya perawatan serta banyak digunakan sebagai salah satu alat untuk berolahraga[1]. Namun, terdapat banyak hal yang menyebabkan ditinggalkannya sepeda sebagai alat transportasi. Salah satunya adalah keadaan jalan yang menanjak. Jalan yang menanjak membuat pengendara sepeda membutuhkan usaha yang lebih keras untuk mengayuh sepedanya, semakin banyak kalori yang terbakar[2]. Bahkan, banyak yang memilih untuk menuntun sepedanya karena tidak kuat untuk menaiki tanjakan yang dilewati.

Untuk mengatasi masalah tersebut, alat yang membantu pengendara sepeda agar lebih mudah dalam melewati jalan menanjak perlu dikembangkan. Salah satu solusinya

adalah menggunakan sepeda listrik dengan mode kayuh atau listrik[3]. Rancangan rangka sepeda dibuat dengan memberikan ruang pada motor DC penggerak dan baterai[4]. Beberapa kit pelengkap lainnya telah dibangun, di antaranya adalah untuk memonitor tegangan aki berbasis mikrokontroler[5], tachometer untuk mengukur kecepatan sepeda motor[6], menambah keamanan berbasis sidik jari[7] dan menggunakan energi surya dengan *solar cell*[8].

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan alat bantu pengendara sepeda agar memiliki tenaga penggerak tambahan. Tenaga penggerak berupa motor DC ini menggunakan energi listrik berasal dari aki yang dapat diisi ulang. Alat dirancang agar pada saat pemasangannya tidak merubah bentuk dari sepeda yang sudah ada saat pemasangan dan tidak meninggalkan kelebihan-kelebihan yang dimiliki dari sepeda itu sendiri yaitu ramah

lingkungan, minim biaya perawatan dan masih bisa digunakan sebagai alat untuk berolahraga. Alat dapat bekerja bersamaan saat sepeda dikayuh, yang berbeda dengan sepeda listrik. Motor DC akan berputar saat pengendara sepeda melewati jalan tanjakan dengan sudut tertentu.

2. Metode

Kit torsi sepeda merupakan sebuah alat yang terdiri dari beberapa peralatan yang berfungsi untuk membantu pengendara sepeda supaya lebih mudah dalam menaiki jalan menanjak. Alat dikembangkan sehingga memudahkan dalam proses pemasangan dan penggunaannya. Kontruksi purwarupa alat terbuat dari besi agar dapat diletakkan pada kerangka sepeda dan dapat menopang keseluruhan komponen. Pengembangan alat meliputi perancangan dan implementasi hardware dan software.

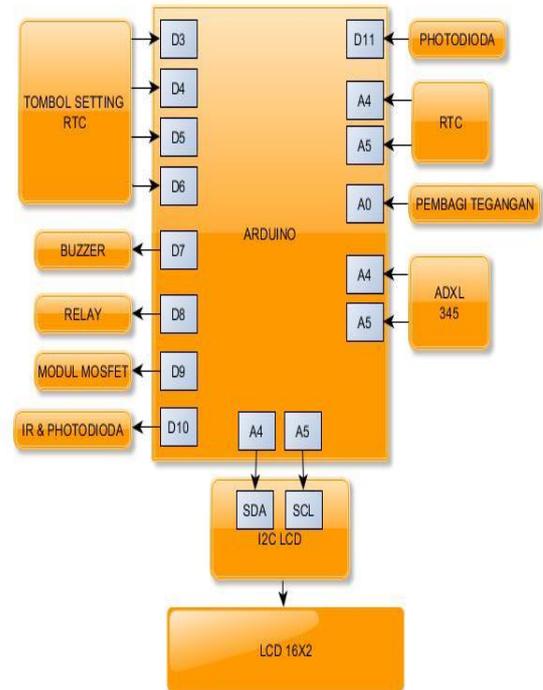
Alat menggunakan mikrokontroler ATmega328P dalam papan Arduino Uno R3 sebagai pemroses data untuk menghitung kecepatan putaran rotor motor DC, dan mengatur kecepatan motor DC[9]. Alat menggunakan modul RTC DS3231 yang berfungsi untuk menghitung waktu jam digital[10]. Alat dapat mengatur kecepatan motor DC secara PWM berdasarkan sudut kemiringan dari sepeda berdasarkan nilai sensor akselerometer[11]. Sensor akselerometer yang digunakan adalah ADXL345[12]. Kecepatan sepeda dimonitor menggunakan sensor photodiode untuk menghitung putaran roda. Alat menyediakan antarmuka pengguna menggunakan LCD alpanumerik 16x2 untuk menampilkan takometer, jam digital dan mempunyai tombol untuk pengaturan waktu[13]. Sumber daya diperoleh dari aki 24Volt, 10Ah. Pengisi ulang daya aki menggunakan penurun tegangan dengan mengubah tegangan 220V AC menjadi 28V DC sesuai kapasitas maksimum aki. Alat dapat secara otomatis membunyikan peringatan dan memutus penggunaan baterai apabila tegangan baterai mencapai batas tegangan minimum. Alat dapat secara otomatis memutus pengisian baterai apabila tegangan baterai sudah mencapai tegangan maksimum baterai.

Pengujian alat meliputi pengujian fungsional alat dan pengujian efek sudut kemiringan terhadap kecepatan motor DC. Pengujian ini dilakukan saat alat terpasang dan diuji coba mengendarai sepeda di jalan menanjak.

3. Hasil dan Analisa

Hasil perancangan perangkat keras ditunjukkan dalam diagram blok alat seperti ditunjukkan dalam Gambar 1 untuk memenuhi spesifikasi fungsional alat. Diagram blok tersebut menunjukkan devais kontroler berbasis papan Arduino Uno dan peripheral yang digunakan serta

antarmuka kontroler-peripheralnya. Daftar peripheral dan antarmukanya ditunjukkan dalam Tabel 1.



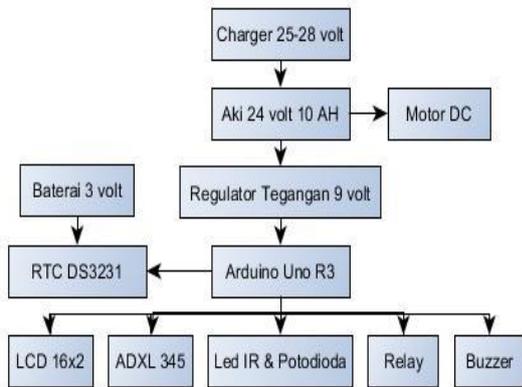
Gambar 1. Diagram blok kit torsi sepeda

Tabel 1. Peripheral dan antarmuka kontroler Arduino Uno

Peripheral	Arduino Uno	Keterangan (Fungsional)
GND	GND	Catu daya GND, Power
VCC	5V	Catu daya 5V, Power
LCD 16x2	A4	LCD (SDA), data serial, I/O
LCD 16x2	A5	LCD (SCL), clock serial, Output
RTC DS3231	A4	RTC (SDA), I/O
RTC DS3231	A5	RTC (SCL), Output
ADXL345	A4	Akselerometer (SDA), I/O
ADXL345	A5	Akselerometer (SCL), Output
Tombol 1	D3	Menu penyetalan, Input
Tombol 2	D4	Tambah nilai +1, Input
Tombol 3	D5	Kurang nilai -1, Input
Tombol 4	D6	Kembali, Input
IR & Photodiode	D10	Menghitung putaran roda, Input
Photodiode	D11	Menghitung putaran sproket, Input
Relay	D8	Kontrol catu daya, Output
Buzzer	D7	Bunyi peringatan, Output
Modul mosfet	D9	Kontrol kecepatan motor, Output
Pembagi tegangan	A0	Monitor tegangan aki, Input

Tegangan 9V digunakan untuk Arduino Uno. Komponen dengan tegangan 5V terdiri dari IC DS3231, ADXL345, LCD 16X2, Relay, rangkaian LED infrared dan Photodiode dan Buzzer. Tegangan tersebut diperoleh dari tegangan keluaran Arduino Uno. Tegangan 24V

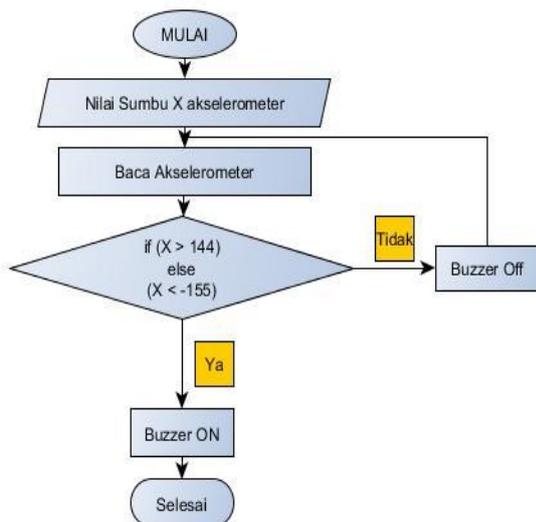
digunakan untuk motor DC. Diagram blok alur tegangan pada alat ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok sumber daya alat

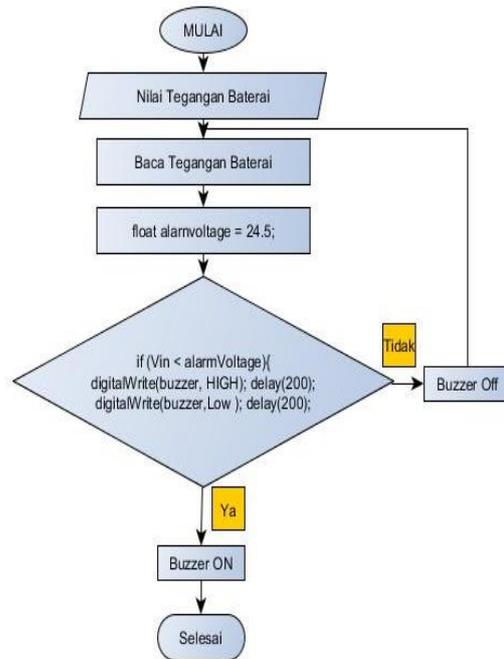
Hasil perancangan perangkat lunak diwujudkan dalam bentuk diagram alir program, meliputi alur bunyi peringatan kemiringan sepeda, alur bunyi peringatan baterai lemah, perancangan pengisian ulang baterai, perancangan fungsi speedControl(), perancangan fungsi TOMBOL() dan perancangan alur tegangan.

Diagram alir bunyi peringatan kemiringan sepeda ditunjukkan dalam Gambar 3. Bunyi peringatan kemiringan sepeda dipicu oleh nilai pada sumbu X pada akselerometer. Apabila sepeda miring ke kanan dengan sudut $> 60^\circ$ ($X = >144$) maka buzzer berbunyi (ON). Apabila sepeda miring ke kiri dengan sudut $> 60^\circ$ ($X = < -155$) maka buzzer juga berbunyi. Jika nilai X tidak memenuhi nilai yang telah ditentukan maka buzzer tidak berbunyi.



Gambar 3. Diagram alir deteksi kemiringan sepeda terhadap sumbu X

Diagram alir bunyi peringatan baterai lemah ditunjukkan dalam Gambar 4. Peringatan baterai lemah dipicu oleh pembacaan tegangan pada baterai yang masuk ke pin A0 Arduino. Apabila tegangan pada baterai $< 24,5V$, maka buzzer ON. Kondisi lainnya, buzzer tidak berbunyi.



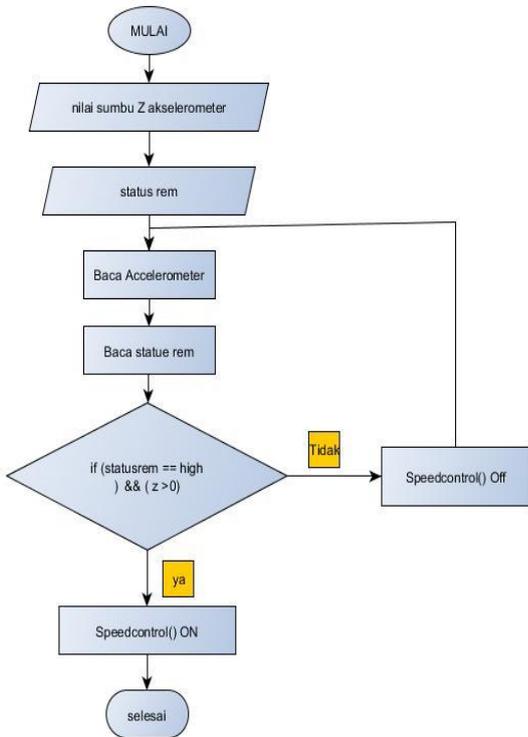
Gambar 4. Diagram alir peringatan baterai lemah

Diagram alir fungsi speedControl() untuk mengatur kecepatan motor ditunjukkan dalam Gambar 5. Pengontrolan kecepatan motor dilakukan berdasarkan pembacaan sumbu X sensor akselerometer dan kondisi saklar rem. Nilai sumbu Z > 0 pada akselerometer digunakan sebagai kontrol untuk mengatur kecepatan motor DC, sedangkan saklar rem berfungsi untuk menghentikan putaran motor selama saklar ditekan. Jika sumbu Z akselerometer bernilai > 0 dan saklar rem bernilai High maka PWMout ON (motor berputar). Jika sumbu Z akselerometer bernilai > 0 dan saklar rem bernilai Low maka PWMout OFF (motor mati).

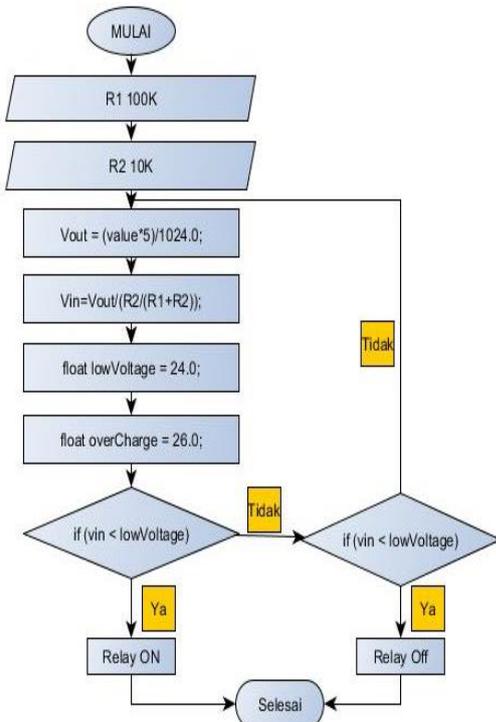
Diagram alir pengisian ulang baterai ditunjukkan dalam Gambar 6. Pengisian baterai diperlukan agar tegangan baterai kembali ke tegangan maksimal baterai. Proses pengisian dipicu oleh pembacaan tegangan di A0 dan kontrol dilakukan melalui relay di D8. Jika tegangan baterai $< 24.0V$, maka relay ON dan baterai terhubung dengan pengisi baterai. Jika tegangan baterai telah mencapai $> 26.0V$, maka relay OFF agar tidak terjadi *overcharge* pada saat pengisian baterai.

Diagram alir proses memilih menu pengaturan jam ditunjukkan dalam Gambar 7. Antarmuka tampilan menu menggunakan LCD 16x2 dan tombol digunakan untuk interaksi alat dengan pengguna. Pengguna dapat melihat informasi jam dan dapat mengatur waktu jam.

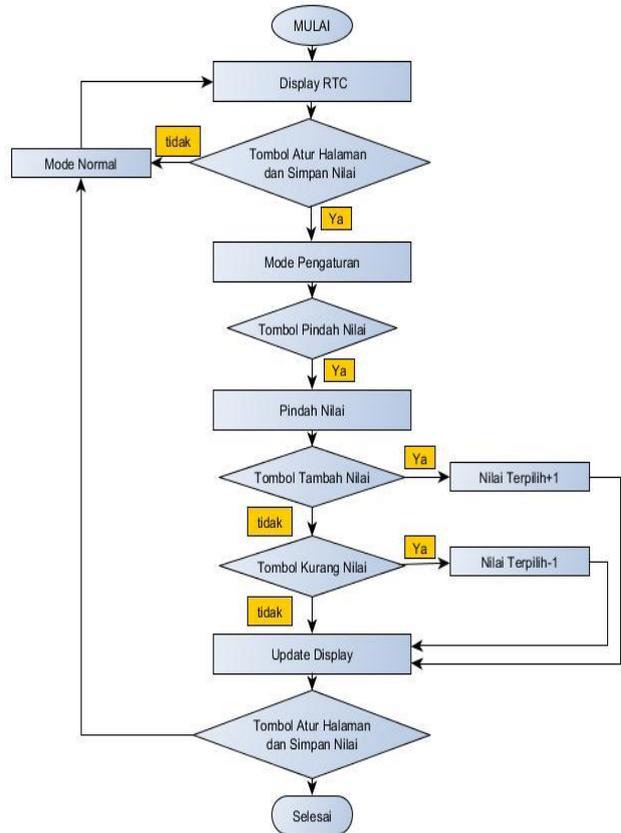
Pengoperasian menu dilakukan dengan empat buah tombol, yaitu menu, tambah (+), kurang (-) dan kembali.



Gambar 5. Diagram alir kontrol kecepatan motor DC



Gambar 6. Diagram alir pengisian ulang baterai



Gambar 7: Diagram alir tombol dan menu penyetelan jam

Hasil implementasi kontroler di alat kit torsi sepeda ditunjukkan dalam Gambar 8. Pemasangan alat di sepeda ditunjukkan dalam Gambar 9. Kontroler menyediakan antarmuka ke peripheral luar. Papan sirkuit diimplementasikan dengan papan rangkaian layer tunggal (*single layer*) berukuran 7cm x 2,5cm dan dipasang Arduino Uno R3, DS3231, 4N35, relay, modul mosfet dan komponen pasif lainnya.



Gambar 8. Implementasi kontroler alat kit torsi sepeda



Gambar 9: Pemasangan alat di sepeda

Pengujian dilakukan terhadap alat yang terpasang di sepeda yang telah dibuat kerangka sebagai tempat memancang alat. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian fungsional perangkat, pengujian daya yang dibutuhkan, pengujian sensor akselerometer terhadap sudut tanjakan, pengujian efek sudut kemiringan jalan terhadap motor DC tanpa beban dan dengan beban.

Pengujian fungsional dilakukan pada saat sepeda yang terpasang alat melewati jalan menanjak. Pengujian dilakukan untuk melihat fungsional alat terhadap 6 kondisi seperti ditunjukkan Tabel 2. Keterangan berhasil menunjukkan alat berfungsi sesuai dengan yang dikehendaki.

Tabel 2. Pengujian fungsional dan hasilnya

No	Parameter	Keterangan
1	Pada saat sepeda berada pada jalan menanjak Motor mulai Berputar	Berhasil
2	Buzzer berbunyi pada saat sepeda dimiringkan lebih dari 60 derajat	Berhasil
3	Fungsi Pwm berhenti pada saat rem ditekan meskipun pada permukaan jalan menanjak	Berhasil
4	buzzer berbunyi pada saat tegangan aki 24.5-24v tanda baterai <i>LOW_voltage</i>	Berhasil
5	Relay aktif pada saat tegangan baterai dibawah 24V untuk memutus VCC motor DC	Berhasil
6	Relay berhenti aktif pada tegangan baterai 26V untuk menghentikan proses pengisian baterai agar tidak terjadi <i>over charger</i> dan VCC motor DC terhubung kembali	Berhasil

Alat mengaktifkan fungsi PWM untuk mengatur putaran motor DC sesuai dengan sudut kemiringan jalan dengan nilai sudut 0-40° dan keluaran PWM 0-255. Jika sudut kurang dari 0° maka PWM = 0 dan jika sudut lebih dari 40° maka PWM = 255. Alat mengaktifkan buzzer apabila tegangan baterai kurang dari 24.5V dan akan berhenti berbunyi ketika tegangan baterai mencapai 24V. Alat mengaktifkan relay pada tegangan 24V agar baterai terhubung ke pengisi baterai dan relay berhenti aktif pada tegangan baterai 26V agar tidak terjadi kelebihan pengisian. Alat menghentikan fungsi PWM pada saat

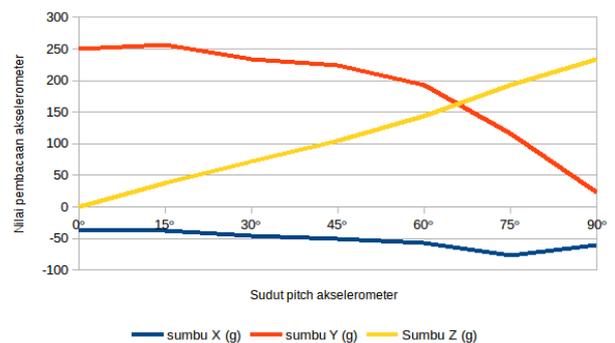
pengendara sepeda menekan rem depan sepeda meskipun keadaan jalan menanjak.

Hasil pengujian daya yang dikonsumsi oleh alat ditunjukkan dalam Tabel 3. Alat dalam keadaan *standby* dengan LCD aktif menggunakan daya sebesar 0,689Watt. Pada saat alat membunyikan buzzer dengan volume kekerasan maksimal daya yang digunakan adalah sebesar 5,688Watt. Penggunaan daya paling tinggi terjadi pada saat motor DC berputar dengan putaran penuh, yaitu menggunakan daya sebesar 216,720Watt dan menggunakan daya untuk mengaktifkan relay pada kondisi buzzer dan motor DC tidak aktif sebesar 2,258Watt.

Tabel 3. Konsumsi daya yang dibutuhkan oleh kit torsi

No	Kondisi	Arus (mA)	Tegangan (V)	Daya (mW)
1	Alat <i>standby</i> dengan LCD aktif	26,7	25,8	688,8
2	Alat dengan LCD aktif dan membunyikan buzzer	220,46	25,8	5687,87
3	Alat dengan LCD aktif dan motor DC berputar dengan putaran penuh	8400	25,8	216720
4	Alat dengan LCD aktif dan mengaktifkan relay	95,3	23,7	2258,61

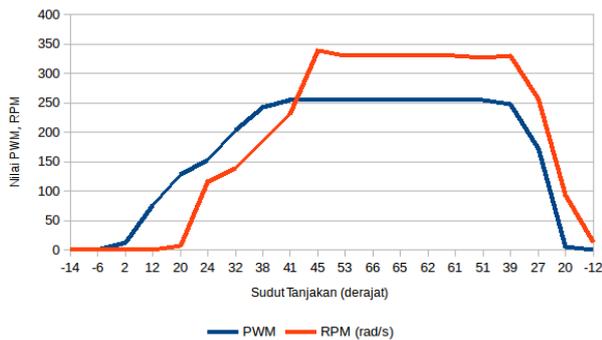
Pengujian akselerometer terhadap sudut tanjakan sepeda dilakukan dengan merubah sudut *pitch* akselerometer dari 0 - 90°. Perubahan nilai X, Y, Z yang teramati dari perubahan sudut tersebut ditunjukkan dalam Gambar 10. Pembacaan nilai sumbu Z berbanding lurus dengan perubahan sudut *pitch* akselerometer, sehingga perubahan nilai sumbu Z ini digunakan untuk menentukan sudut tanjakan sepeda dengan laju 2,466 perderajat sudut.



Gambar 10. Nilai pembacaan akselerometer terhadap perubahan sudut *pitch*

Hasil pengujian kemiringan sepeda tanpa beban (tidak dinaiki) terhadap sumbu Z akselerometer ditunjukkan

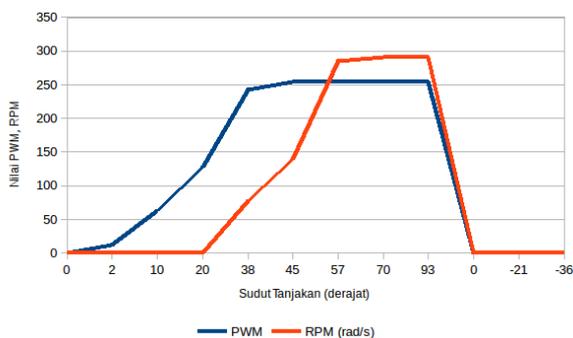
dalam Gambar 11. Pengujian ini dilakukan dalam keadaan sepeda berhenti dan diangkat untuk menunjukkan respons motor terhadap kondisi jalan menurun, datar atau menanjak. Sudut negatif menunjukkan jalan menurun dan positif menunjukkan jalan menanjak. Keluaran PWM dilihat dari tampilan layar LCD, sedangkan RPM dilihat dari data kecepatan yang terukur oleh cacahan sensor photodiode dan sudut tanjakan terhitung dari data akselerometer.



Gambar 11. Nilai kontrol PWM dan keluaran RPM motor DC tanpa beban

Nilai PWM dan RPM berbanding lurus dengan sudut tanjakan. Motor mulai berputar saat sudut tanjakan 20° dengan nilai PWM 128. Di sudut tanjakan lebih dari 40°, nilai PWM diset 255 dan motor DC akan berputar sampai kecepatan maksimal. Kecepatan motor maksimal tanpa beban adalah 330 rad/detik. Motor DC akan berhenti saat sudut tanjakan di bawah 0°.

Hasil pengujian kemiringan sepeda dengan beban terhadap sumbu Z akselerometer ditunjukkan dalam Gambar 12. Pengujian ini dilakukan dengan mengendarai sepeda di jalan menurun, datar atau menanjak. Sudut negatif menunjukkan jalan menurun dan positif menunjukkan jalan menanjak. Keluaran PWM dilihat dari tampilan layar LCD, sedangkan RPM dilihat dari data kecepatan yang terukur oleh cacahan sensor photodiode dan sudut tanjakan terhitung dari data akselerometer.



Gambar 12. Nilai kontrol PWM dan keluaran RPM motor DC dengan beban

Nilai PWM dan RPM berbanding lurus dengan sudut tanjakan. Motor mulai berputar saat sudut tanjakan 20° dengan nilai PWM 127. Di sudut tanjakan lebih dari 40°, nilai PWM diset 255 dan motor DC akan berputar sampai kecepatan maksimal. Kecepatan motor maksimal tanpa beban adalah 292 rad/detik. Motor DC akan berhenti saat sudut tanjakan di bawah 0°.

4. Kesimpulan

Sebuah kit torsi sepeda telah dikembangkan untuk membantu pengendara sepeda dalam melewati jalan menanjak. Kit telah bekerja sesuai dengan spesifikasi fungsional yang ditetapkan. Kit ini secara otomatis juga dapat memantau penggunaan daya baterai, mengontrol pengisian daya baterai, mengaktifkan bunyi peringatan baterai lemah, peringatan saat kemiringan sepeda berdasarkan sumbu X akselerometer dan dapat menampilkan status sepeda di layar LCD. Kecepatan motor DC dapat dikontrol berdasarkan sudut tanjakan jalan yang terukur dari nilai sumbu Z akselerometer. Motor DC akan mulai berputar saat sudut tanjakan mencapai 20°. Kecepatan maksimal motor DC saat tanpa beban yang dapat dihasilkan dengan penyetelan PWM 255 adalah 330 rad/detik dan dengan beban adalah 292 rad/detik.

Penelitian ini tidak memperhitungkan variasi beban yang mampu diterima oleh motor DC sebagai penggerak. Perbandingan jumlah gigi-gigi pada sproket dan torsi total yang dihasilkan oleh motor DC juga belum diperhitungkan. Konsumsi daya saat motor DC berputar dengan kecepatan penuh masih besar, yaitu sebesar 216,72W dengan arus 8,4A, sehingga dengan kapasitas aki yang digunakan sebesar 10A, kit hanya bisa bertahan sekitar 1 jam. Penelitian lanjutan untuk menganalisis dan menyempurnakan solusi di atas bisa dilakukan.

Referensi

- [1]. Romadhon, S.A. and Rustiadi, T., 2016. Motivasi dan Minat Masyarakat dalam Berolahraga Sepeda di Kota Semarang. *Active: Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, 5(1).
- [2]. Fitriyanti, A.D., 2013. Aplikasi Penghitung Kalori Terbakar saat Berolahraga Sepeda Menggunakan Global Positioning System (GPS) Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Informasi: Teori, Konsep, dan Implementasi*, 4(2), pp.1-16.
- [3]. Sodiq, F., 2016. Desain Sepeda Listrik Untuk Ibu Rumah Tangga Sebagai Sarana Transportasi Sehari-hari Yang Dapat Diproduksi UKM Lokal. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2).
- [4]. Yopiyanto, RD. Pembuatan Rangka Sepeda Listrik. Skripsi S1. Universitas Negeri Surakarta, Surakarta, 2015.
- [5]. Apriansyah, M.A.. Rancang Bangun Monitoring Tegangan Accu pada Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler. Skripsi S1. Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2015.

- [6]. Darmana, A., Tachometer Digital Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler AT89S51, Skripsi S-1, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010.
- [7]. Oroh, J.R., Kendekallo, E., Sompie, S.R. and Wuwung, J.O., 2014. Rancang Bangun Sistem Keamanan Motor Dengan Pengenalan Sidik Jari. JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER UNSRAT, 3(1), pp.36-42.
- [8]. Sugiyanto, D., 2015. Rancang bangun sistem sepeda energi surya dengan memanfaatkan solar cell. Momentum, 11(1).
- [9]. (2016) Arduino Uno Documentation. [online]. Tersedia: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.
- [10]. Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal (DS3231), Maxim Integrated, 2015.
- [11]. S.Sajad, R., Baharuddin, & Mohammad, T., Sistem Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis PWM (Pulse width Modulation), Skripsi S-1, Universitas Hasanuddin, Kendari, 2008.
- [12]. Small, Low Pwer, 3-Axis $\pm 5g$ Accelerometer (ADXL325), Analog Devices, 2009.
- [13]. Serial/I2C LCD (AXE033), Revolution Education, 2003.