

## Energi Listrik dari Pengereman Regeneratif Sepeda Motor dengan Menggunakan Dinamo Sepeda

Melda Latif\*, Anugrah Valdesio, Mumuh Muharam

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

\* Corresponding author, e-mail: melda\_latif@eng.unand.ac.id

**Abstrak**— Pengereman regeneratif adalah mekanisme untuk memperoleh kembali energi yang terbuang saat proses pengereman. Biasanya saat direm energi kinetik dari roda motor yang bergerak akan terkonversi menjadi panas akibat gesekan rem. Pada pengereman regeneratif energi kinetik tersebut dirubah menjadi energi listrik dengan bantuan dinamo. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar arus, tegangan dan daya yang dihasilkan dari pengereman regeneratif sepeda motor dengan memanfaatkan dinamo sepeda. Dengan menambahkan suatu prototipe, yang terdiri dari dinamo sepeda, penyearah dan *dc-dc converter*, maka pengereman regeneratif dapat diubah menjadi energi listrik. Penelitian dilakukan dengan tiga perilaku di cakram depan sepeda motor yaitu dengan memberikan isolasi kasar, isolasi polos dan tanpa isolasi. Hasil pengujian yang terbaik adalah dengan pemasangan isolasi kasar. Pada kecepatan 70 km/jam, nilai tegangan, arus dan daya yang dihasilkan adalah 12,8 Volt, 130 mA dan 1664 mWatt. Keuntungan menggunakan isolasi kasar adalah gaya gesek dan slip yang dihasilkan kecil. Panas yang ditimbulkan tidak sebanyak isolasi polos dan tanpa isolasi. Bunyi yang dihasilkan pada pengujian juga lebih kecil.

*Kata Kunci* : Pengereman regeneratif, sepeda motor, isolasi, cakram, dinamo sepeda.

**Abstract**— Regenerative braking is an energy recovery mechanism from wasted energy during breaking process. In a conventional breaking process, the kinetic energy from the wheel is converted into heat due to friction of the break disc. In regenerative braking, the kinetic energy is converted into electric energy by a dynamo. This research aims to find amount of electric power, voltage and current that can be generated from regenerative braking. By adding a prototype which contains dynamo of bicycle, rectifier and dc-dc converter, the generative braking can change kinetic energy into electrical energy. In this research, three types of front wheel disc, i.e. with hard insulation, soft insulation and without insulations had been used for the experiment.. It is found that the best result is obtained by using hard insulation. For motorcycle speed at 70 km/hours, voltage, current and power values are 12,8 Volt, 130 mA and 1664 mWatt. The advantages of the hard insulation are less friction, less heat dissipation and quieter.

*Keywords* : Regenerative braking, motorcycle, isolation, wheel, dynamo of bicycle.

### 1. Pendahuluan

Saat menuruni tanjakan, pengendara umumnya akan melakukan pengereman. Akibat pengereman, energi kinetik motor akan berubah menjadi panas karena gesekan cakram rem. Energi panas yang terbuang ini, sebenarnya masih dapat dimanfaatkan dengan menggunakan pengereman regeneratif. Saat proses pengereman motor, pengereman regeneratif mengubah energi kinetik menjadi energi listrik yang kemudian dapat digunakan untuk penggunaan lain.

Ada berbagai penelitian yang memanfaatkan energi dari sepeda motor, misalnya penelitian yang menggunakan panas

knalpot sepeda motor sebagai sumber energi terbarukan [1]. Penelitian tentang pengereman regeneratif di kendaraan telah banyak dilakukan [2-5]. Pada [2] digunakan motor DC magnet permanen untuk pengoptimalan pengereman regeneratif di sepeda motor. Pada [3] mengenalkan sepeda motor *hybrid* dengan menambahkan sistem pengereman hidrolik. Pada [4] dikaji efisiensi energi selama pengereman regeneratif di sepanjang jalan kereta api. Pada [5] dilakukan penambahan tiga cakram untuk mengontrol torka saat pengereman regeneratif.

Pada penelitian ini dilakukan pengkajian besar daya, tegangan dan arus listrik yang dapat

Received date 2017-11-19, Revised date 2018-7-16, Accepted date 2018-7-17

<https://doi.org/10.25077/jnte.v7n2.503.2018>

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

dihasilkan dari pengereman regeneratif sepeda motor menggunakan dinamo sepeda.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Sepeda Motor

Hubungan kecepatan putar sepeda motor dengan kecepatan mesin dapat dilihat di persamaan (1).

$$v = \frac{60\pi Dn}{1000i} \quad (1)$$

dimana :

v = kecepatan putar sepeda motor (km/h)

$\pi = \text{phi} = 3.14$

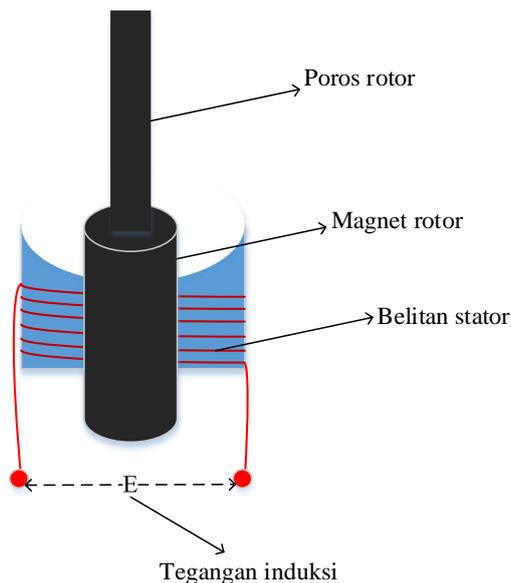
D = diameter roda sepeda motor (m)

n = kecepatan mesin di sepeda motor (rpm)

i = pembeding total reduksi tiap gigi.

### 2.2 Dinamo Sepeda.

Dinamo sepeda bekerja atas prinsip tegangan induksi. Diagram dinamo dapat dilihat di gambar 1.



Gambar 1. Bagian dalam dinamo sepeda

Bila poros rotor dinamo berputar, otomatis magnet juga ikut berputar di sekitar belitan kumparan. Sesuai dengan hukum Faraday, magnet yang berputar di sekitar kumparan akan menghasilkan tegangan induksi di ujung kumparan. Persamaan tegangan induksi dapat dilihat di persamaan 3 [6].

$$E = N \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

dimana:

E = tegangan induksi (Volt)

N = jumlah belitan kumparan

$\phi$  = fluksi magnet (Wb)

t = waktu (detik)

Bila terhubung ke beban, maka dihasilkan arus yang nilainya sebanding dengan tegangan.

Persamaan 4 adalah persamaan arus yang berasal dari hukum Ohm.

$$I = \frac{V_s}{Z} \quad (4)$$

dimana:

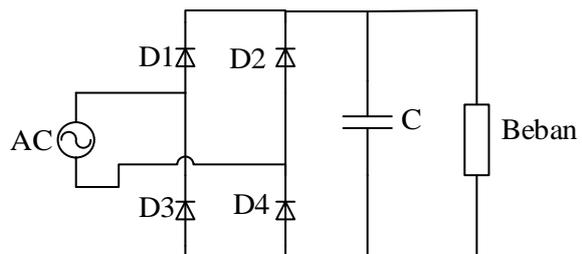
I = arus yang mengalir di rangkaian (A)

$V_s$  = tegangan sumber (Volt)

Z = impedansi ( $\Omega$ )

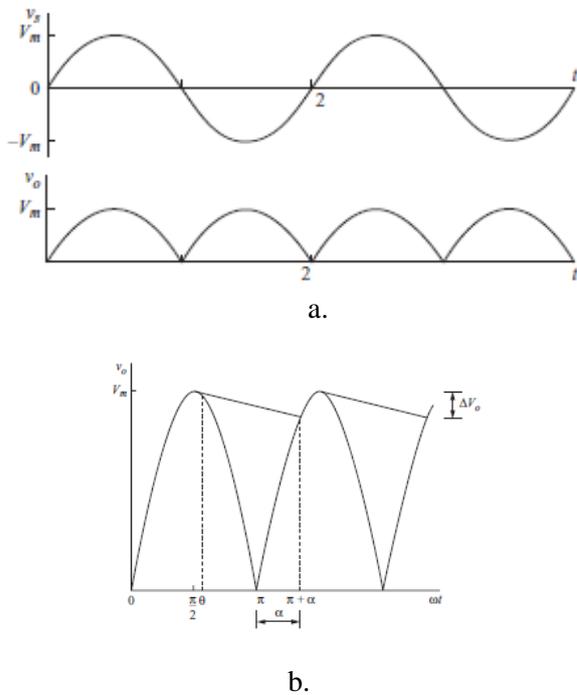
### 2.3 Rectifier.

Rectifier adalah konverter yang mengubah tegangan bolak balik (ac) menjadi tegangan searah (dc). Rectifier dikenal juga dengan nama penyearah. Penyearah yang digunakan pada penelitian ini adalah penyearah gelombang penuh. Rangkaian penyearah gelombang penuh dapat dilihat di gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian penyearah gelombang penuh.

Gambar 3a memperlihatkan bentuk gelombang tegangan dan arus penyearah gelombang penuh sebelum penambahan kapasitor. Saat setengah siklus positif, dioda D1 dan D4 bekerja dan setengah siklus negatif, dioda D2 dan D3 yang bekerja. Bentuk gelombang dc yang dihasilkan masih berbentuk riak (*ripple*). Untuk mengurangi riak, digunakan kapasitor. Bentuk gelombang dc setelah menggunakan kapasitor dapat dilihat di gambar 3b.



Gambar 3. Bentuk tegangan penyearah gelombang penuh [8].

Besar tegangan DC yang dihasilkan dari penyearah gelombang penuh didapat dari persamaan 5 [7].

$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T \sqrt{2} V_s \sin \omega t dt$$

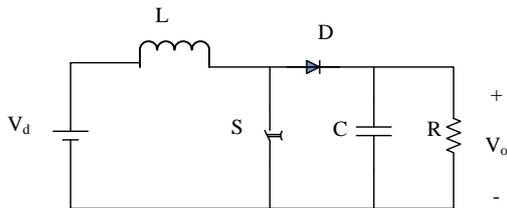
$$V_{dc} = \frac{2}{\pi} \sqrt{2} V_s \tag{5}$$

dimana:

$V_{dc}$  = tegangan DC yang dihasilkan (Volt)  
 $V_s$  = tegangan sumber (Volt)

**2.4 DC – DC Converter**

DC-DC Converter digunakan untuk mempertahankan tegangan ouput pada suatu nilai tertentu. Di penelitian ini, tegangan input DC dinaikkan untuk menghasilkan tegangan ouput DC 5 Volt. Prinsip kerja DC-DC Converter diilustrasikan di gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian DC-DC Converter

Switch S di gambar 4 adalah komponen elektronika daya yang digunakan. Jenis komponen elektronika daya antara lain jenis transistor dan thyristor. Tegangan ouput  $V_o$  yang dihasilkan dapat dilihat di persamaan 6 [7].

$$V_o = \left( \frac{1}{1-D} \right) V_{dc} \tag{6}$$

dimana

$V_o$  = tegangan output yang dihasilkan (Volt)

$D$  = *duty cycle*

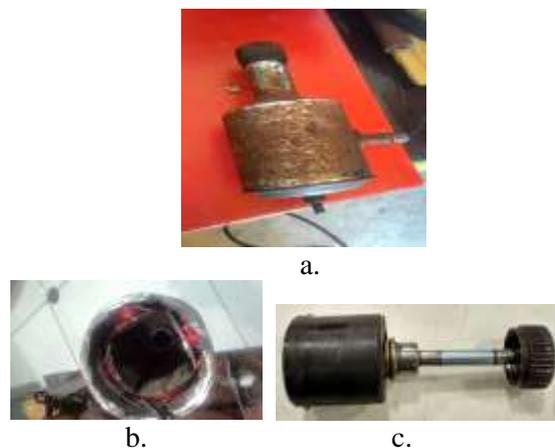
$V_{dc}$  = tegangan input DC (Volt).

*Duty cycle* adalah perbandingan waktu on switching dengan periode switching. Dengan pengaturan *duty cycle*, maka tegangan output yang dihasilkan bisa ditentukan.

**3. Metode Penelitian**

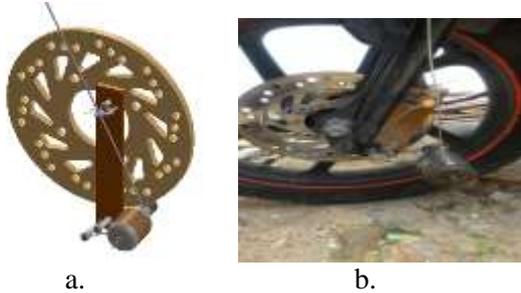
Di penelitian ini, dimanfaatkan dinamo sepeda sebagai penghasil tegangan DC. Tegangan DC yang dihasilkan dimanfaatkan charging telepon selular. Saat pengereman regenerative, dinamo sepeda terhubung ke cakram depan sepeda motor, sehingga poros dinamo sepeda berputar mengikuti putaran roda. Peputaran poros menyebabkan rotor dinamo ikut berputar, sehingga terjadi medan magnet di sekitar kumparan stator yang akhirnya menghasilkan tegangan induksi,

Bentuk luar dan bagian dalam dinamo sepeda dapat dilihat di gambar 5. Dari gambar 5b terlihat bahwa kumparan stator mempunyai 4 belitan yang terhubung seri. Jumlah masing-masing belitan adalah 200. Bentuk rotor dari dinamo sepeda dapat dilihat di gambar 5c.



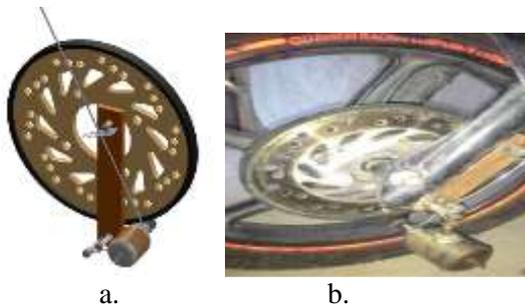
Gambar 5. Bentuk luar (a) dan bentuk dalam (b, c) dinamo sepeda.

Pengujian dilakukan dengan cakram tanpa isolasi dan cakram berisolasi. Skema pemasangan dinamo sepeda di cakram sepeda motor dapat dilihat di gambar 6 s/d 8.



Gambar 6. Pemasangan dinamo sepeda di cakram sepeda motor tanpa isolasi.

Pengujian awal, cakram sepeda motor tidak diberi isolasi. Agar dinamo sepeda bisa bekerja, maka dinamo sepeda ditempatkan pada suatu kedudukan. Desain peletakan dinamo sepeda dan gambar nyata dapat dilihat di gambar 6a dan 6b.



Gambar 7. Pemasangan dinamo sepeda di cakram sepeda motor dengan isolasi polos.

Gambar 7a dan 7b adalah skema dan gambar nyata pemasangan dinamo sepeda yang dihubungkan dengan cakram sepeda motor yang diberi isolasi polos. Untuk cakram yang diberi isolasi kasar dapat dilihat di gambar 8a dan 8b.



Gambar 8 Pemasangan dinamo sepeda di cakram sepeda motor dengan isolasi kasar.

Karena tegangan induksi yang dihasilkan dinamo sepeda adalah tegangan bolak balik (AC), maka ditambahkan penyearah dioda hubungan jembatan. Rangkaian penyearah yang dibuat seperti pada gambar 2.

Tegangan output dijaga konstan dengan menggunakan DC-DC Converter tipe CE8301A [9]. Bentuk DC-DC Converter tipe CE8301A dapat dilihat di gambar 9.

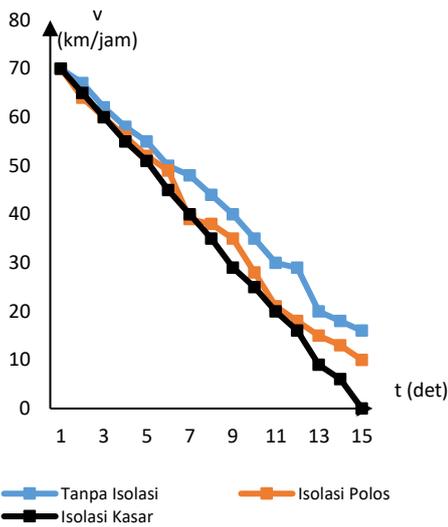


Gambar 9. DC-DC Converter tipe CE8301A

#### 4. Hasil Dan Pembahasan

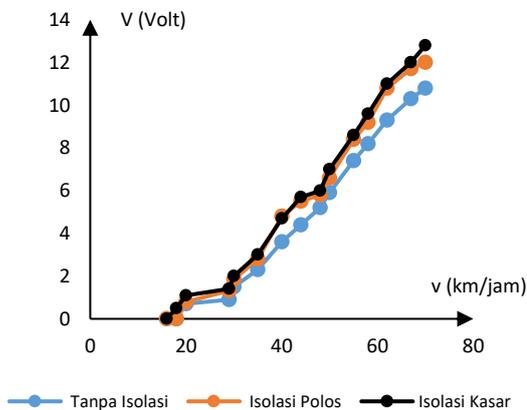
Data hasil penelitian berasal dari tiga kondisi cakram di roda sepeda motor bagian depan. Tiga kondisi tersebut adalah kondisi saat cakram tidak diberi isolasi, diberi isolasi polos dan saat diberi isolasi kasar. Untuk mendapatkan data yang akurat dan presisi, pengujian dilakukan berulang-ulang dan diambil nilai rata-ratanya. Pengereman regeneratif pada sepeda motor dilakukan selama 15 detik dengan mendapatkan 15 variasi kecepatan sepeda motor. Daerah uji mempunyai jalan dengan kemiringan dan jarak tertentu.

Data yang diukur dari pengujian adalah data kecepatan motor, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan. Gambar 10 memperlihatkan diagram kecepatan motor selama 15 detik. Pada gambar 10 diperlihatkan bahwa pengujian menggunakan isolasi kasar menghasilkan grafik yang paling baik dengan penurunan yang stabil. Pada detik ke-15 nilai kecepatan yang dihasilkan motor paling rendah dengan menggunakan isolasi kasar di cakram sepeda motor. Hal ini kasar di cakram sepeda motor. Hal ini memperlihatkan bahwa pengereman yang paling baik dan gaya gesekan yang besar terjadi pada pengujian menggunakan isolasi kasar.



Gambar 10. Kecepatan saat pengereman regeneratif selama 15 detik.

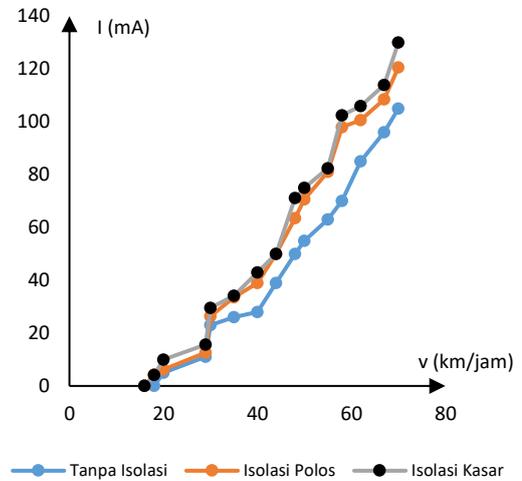
Tegangan yang dibangkitkan terhadap kecepatan dapat dilihat di gambar 11. Cakram dengan isolasi kasar mempunyai nilai lebih tinggi dibanding cakram dengan isolasi polos dan tanpa isolasi. Saat kecepatan 70 km/jam tegangan menggunakan isolasi kasar adalah 12,8 V, sedangkan yang menggunakan isolasi polos dan tanpa isolasi adalah 10,8 V dan 12 V. pada pengujian sebelumnya hanya 1,1 V dan 0,8 V.



Gambar 11 Tegangan vs kecepatan

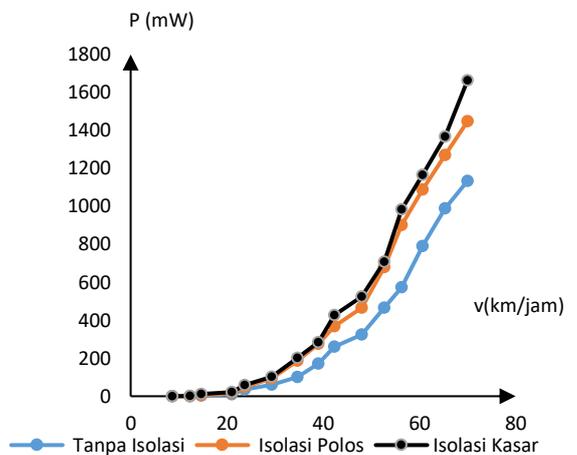
Arus yang dihasilkan dari tiga pengujian dapat dilihat di gambar 12. Seperti tegangan, arus yang dihasilkan dari cakram isolasi kasar mempunyai nilai lebih besar dari cakram isolasi polos dan tanpa isolasi. Ini sesuai dengan hukum

Ohm, bahwa arus yang dihasilkan sebanding dengan tegangan yang dibangkitkan. Pengujian menggunakan isolasi kasar mempunyai arus 130 mA, sedangkan pengujian dengan isolasi polos dan tanpa isolasi adalah 121 mA dan 105 mA.



Gambar 12 Arus vs kecepatan

Grafik daya yang dikonsumsi oleh power bank dapat dilihat di Gambar 13. Terlihat bahwa daya di pengujian menggunakan isolasi kasar mempunyai nilai yang lebih tinggi dibanding menggunakan isolasi polos dan tanpa isolasi. Fungsi pengereman juga tampak lebih baik menggunakan isolasi kasar karena gaya gesek dan slipnya kecil, sehingga kerja dinamo sepeda lebih optimal. Panas yang ditimbulkan jauh lebih cepat berkurang. Bunyi yang dihasilkan pada pengujian juga lebih kecil.



Gambar 13 Daya vs kecepatan

Gambar pengisian arus di power bank dapat dilihat di gambar 14. Di gambar ini, terlihat lampu menyala di power bank, sebagai tanda adanya proses arus pengisian



Gambar 14 Pengisian arus di power bank

## 5. Kesimpulan

Dari data pemanfaatan pengereman generatif mekanik sepeda motor, maka didapat kesimpulan bahwa untuk mendapatkan hasil yang terbaik, maka cakram sepeda motor di bagian depan roda sepeda motor haruslah diberi isolasi tebal dan kasar.

Dibanding menggunakan isolasi halus dan tanpa isolasi, nilai tegangan, arus dan daya pada cakram isolasi kasar mempunyai nilai yang lebih tinggi. Pada kecepatan 70 km/jam, didapatkan nilai tegangan, arus dan daya pada cakram isolasi kasar sebesar 12,8 Volt, 130 mA dan 1664 mWatt.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai dari dana penelitian Fakultas Teknik Universitas Andalas dengan nomor kontrak 089-105/ UN.16.09.D/PL/2017.

## Daftar Pustaka

- [1] Melda Latif, Nuri Hayati, Uyung Gatot S. Dinata, "Energi Listrik Pada Gas Buang Sepeda Motor", *Jurnal Rekayasa Elektrika* Vol. 11, No. 5, Desember 2015, hal. 163-168.
- [2] W. Cui, H. Zhang, Y. Ma, and Y. Zhang, "Regenerative Braking Control Method and Optimal Scheme for Electric Motorcycle", *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2011.

- [3] J. Nadeau, P. Micheau, and M. Boisvert, "Ideal regenerative braking torque in collaboration with hydraulic brake system", *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2017.
- [4] E. Chen, B. Bu, and W. Sun, "An Energy-Efficient Operation Approach Based on the Utilization of Regenerative Braking Energy among Trains", *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2015.
- [5] M. Boisvert and P. Micheau, "Wheel slip controller for the regenerative braking of electric vehicle : experimental results with a three wheels recreational hybrid vehicle", *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2015.
- [6] A. E. Fitzgerald, dkk, *Electric Machinery*, 6<sup>th</sup> edition, Mc Graw Hill, 2003
- [7] Ned Mohan, *Power Electronics, Converters and Drives*, Minneapolis USA, Mnpere, 2003
- [8] Daniel W. Hart, *Power Electronics*, Mc Graw Hill, 2010.
- [9] *Small Package PFM Control, Step-Up DC/DC Converter, CE8301 Series*, Chi Power Technology.

## Biodata Penulis

**Melda Latif** menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Elektro di Universitas Sumatera Utara pada tahun 1988. Pada tahun 1999, menyelesaikan Post Graduate diploma di UMIST, Inggris. Gelar Magister Teknik Elektro diperolehnya dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 2003. Melda Latif, saat ini bekerja sebagai staff pengajar pada Jurusan Teknik Elektro, Universitas Andalas. Bidang keahliannya adalah elektronika daya, konversi energi dan material elektroteknik.

**Anugrah Valdesio** menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Elektro di Universitas Andalas pada tahun 2017.

**Mumuh Muharam** menyelesaikan S1 di jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Bandung 1993. Pendidikan S2 diperoleh dari Program Magister Teknik Elektro Institut Teknologi Bandung 2000. Bidang peminatan yang ditekuni adalah Sistem Kendali