

**LAPORAN TAHUNAN**  
**PENELITIAN BERBASIS KOMPETENSI**

**Tahun ke-1 dari Rencana 3 Tahun**



**Rancang Bangun *Power Converter* untuk Produksi Energi pada Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Tenaga Surya dan Bayu**

Tim Peneliti:

**Dr. Ramadoni Syahputra, ST., MT.**

(NIDN: 0510107403, Prodi Teknik Elektro, Ketua)

**Dr. Indah Soesanti, ST., MT.**

(NIDN: 0015067403, Prodi Teknologi Informasi, Anggota)

**Ir. Agus Jamal, M.Eng., IPU.**

(NIDN: 0529086601, Prodi Teknik Elektro, Anggota)

Dibiayai oleh

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat

Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi

Sesuai Surat Perjanjian No. 169/SP2H/PPM/KOPV/II/2018, 15 Februari 2018

SP DIPA-042.06.1.4015161/2018 Tertanggal 5 Desember 2017

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Rancang Bangun Power Converter untuk Produksi Energi pada Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Tenaga Surya dan Bayu

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : Dr RAMADONI SYAHPUTRA, S.T, M.T  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
NIDN : 0510107403  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
Program Studi : Teknik Elektro  
Nomor HP : 081215526565  
Alamat surel (e-mail) : ramadons@ymail.com; ramadoni@umy.ac.id

**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : Dr INDAH SOESANTI S.T, M.T  
NIDN : 0015067403  
Perguruan Tinggi : Universitas Gadjah Mada

**Anggota (2)**  
Nama Lengkap : Ir AGUS JAMAL M.Eng  
NIDN : 0529086601  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

**Institusi Mitra (jika ada)**  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 114,000,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 350,000,000



Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik UMY

(JAZAUL IKHSAN, S.T., M.T., Ph.D.)  
NIP/NIK 19720524199804123037

D.I. YOGYAKARTA, 3 - 11 - 2018

Ketua,

(Dr RAMADONI SYAHPUTRA, S.T, M.T)  
NIP/NIK 19741010201010123056



Menyetujui,  
Kepala LP3M UMY

(Dr. Ir. G. W. OTSOPANGKAT, M.P.)  
NIP/NIK 196210231991031003

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	.....	ii
IDENTITAS DAN URAIAN UMUM	.....	iii
DAFTAR ISI	.....	iv
RINGKASAN	.....	v
BAB 1. PENDAHULUAN	.....	1
1.1. Latar Belakang dan Permasalahan yang akan Diteliti	.....	1
1.2. Perumusan Masalah	.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	.....	2
1.4. Rencana Target Capaian Tahunan	.....	3
BAB 2. URAIAN KEGIATAN	.....	5
2.1. Kegiatan yang telah Dilaksanakan dan akan Dikerjakan	.....	5
2.2. Kebaruan ( <i>Novelty</i> ) dan Kemutakhiran ( <i>State of the Art</i> ) Bidang yang Diteliti	.....	6
BAB 3. METODE PENELITIAN	.....	7
3.1. Pendekatan Teoretik dan Luaran Penelitian	.....	7
3.2. Uraian Kegiatan Penelitian	.....	8
3.2.1. Tahun Pertama: Kegiatan rancang-bangun <i>Power Inverter</i>	.....	8
3.2.2. Tahun Kedua: Kegiatan rancang-bangun <i>Power Rectifier</i>	.....	9
3.2.3. Tahun Ketiga: Rancang-bangun <i>Solar Charge Controller</i> dengan MPPT	.....	10
3.3. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas	.....	11
BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	.....	12
4.1. Model Wind Power System	.....	12
4.2. Boost Converter dan MPPT Berbasis Metode Perturb and Observe	.....	15
BAB 5. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	.....	22
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	.....	23
DAFTAR PUSTAKA	.....	24
LAMPIRAN		

## RINGKASAN

Kebutuhan energi listrik dari waktu ke waktu terus meningkat, sementara keterbatasan energi yang tersedia dan efisiensi yang rendah masih menjadi persoalan nyata. Hal ini mendorong perlunya menggali potensi energi terbarukan. Pemerintah Republik Indonesia telah menargetkan hingga tahun 2025 minimal 23% dari total pasokan energi listrik nasional berasal dari sumber energi terbarukan, dan 2050 menjadi 31%. Selaras dengan program tersebut, maka tim pengusul Penelitian Berbasis Kompetensi berupaya turut berkontribusi memberdayakan potensi energi terbarukan melalui pengembangan alat *power converter* yang merupakan komponen penting pada pembangkit listrik energi tebarukan.

Tujuan penelitian ini adalah merancang, membangun, dan menguji-coba *power converter* untuk produksi energi pada pembangkit listrik energi terbarukan tenaga surya dan bayu. *Power converter* terdiri dari *pure sine power inverter*, *power rectifier* dengan MPPT, dan *solar charge controller* dengan MPPT. *Power converter* merupakan komponen penting dalam pembangkit listrik tenaga surya dan bayu. Selama ini *power converter* yang tersedia di pasaran kebanyakan berkualitas rendah, jika memerlukan berkualitas tinggi harus import dari luar negeri. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk membantu menyelesaikan permasalahan bangsa dan negara dalam memenuhi kebutuhan energi bersumber energi terbarukan.

***Kata-kata kunci:*** *Power converter, pure sine power inverter, pembangkit listrik energi terbarukan, tenaga surya-bayu, power rectifier, solar charge controller, MPPT.*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kebutuhan akan energi terus meningkat, seiring dengan meningkatkan jumlah pengguna dan beragamnya jenis industri dan bisnis yang tumbuh pesat. Sementara itu keterbatasan energi yang tersedia dan efisiensi yang rendah masih menjadi hambatan yang nyata. Hal ini mendorong perlunya menggali potensi energi baru dan terbarukan. Upaya efisiensi energi dapat bermanfaat untuk mengurangi biaya, meningkatkan kualitas lingkungan, dan bermanfaat bagi keberlanjutan generasi berikutnya (Van dkk, 2015). Dengan adanya penggunaan sumber energi yang terbarukan dan peningkatan efisiensi energi akan dapat mengurangi kebutuhan pembangkit energi atau impor energi. Pemerintah Republik Indonesia telah menargetkan hingga 2025 minimal 23% dari total pasokan energi listrik nasional berasal dari sumber energi terbarukan, dan hingga tahun 2050 menjadi 31%. Target ini dituangkan dalam Peraturan Pemerintah nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (Setneg RI, 2014).

Dua jenis pembangkit listrik energi terbarukan yang sangat potensial dan menjadi prioritas pemerintah dalam pengembangannya adalah pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dan tenaga surya (PLTS) (Syahputra dkk, 2012a; Syahputra dkk, 2015). Dalam aplikasinya, pembangkit listrik energi terbarukan ini membutuhkan alat konverter daya (*power converter*). *Power converter* terdiri dari *power inverter*, *power rectifier*, dan *solar charge controller* (Yaramasu dkk, 2014; Mendis, 2014; Shariatpanah, 2016; Chen, 2014).

*Power inverter* yang beredar di pasaran dalam negeri umumnya mempunyai keluaran tegangan ac dengan bentuk gelombang persegi dan gelombang sinus termodifikasi, tidak sinus murni. Jika ingin menggunakan *Pure Sine Power Inverter* harus import dari luar negeri dengan harga yang sangat tinggi. Selanjutnya *Power rectifier* di pasaran dalam negeri belum menggunakan teknologi *maximum power point tracking* (MPPT). *Power rectifier* tersebut tidak mengoptimalkan daya yang dihasilkan PLTB. Jika ingin menggunakan *power rectifier* dengan MPPT juga harus import dari luar negeri dengan harga yang sangat tinggi. Hal yang sama juga pada alat *solar charge controller*. Oleh karena itu dalam riset ini dilakukan rancang bangun *power inverter*, *power rectifier*, dan *solar charge controller* dengan teknologi tinggi, untuk menjadi solusi bagi kebutuhan *power converter* berkualitas tinggi yang diproduksi di dalam negeri.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

#### Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas

Susunan organisasi tim peneliti dan pembagian tugasnya adalah:

No.	Nama/ Jabatan	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Dr. Ramadoni Syahputra, ST., MT. (Ketua Peneliti)	UMY	Teknik Elektro (Teknik Sistem Tenaga Listrik)	20	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengorganisasi jalannya penelitian.</li> <li>2. Memimpin rancang-bangun prototype <i>pure sine power rectifier</i>, <i>power rectifier</i>, dan <i>solar charge controller</i>.</li> <li>3. Memimpin uji-coba prototype <i>pure sine power rectifier</i>, <i>power rectifier</i>, dan <i>solar charge controller</i>.</li> <li>4. Menyusun Laporan Penelitian.</li> <li>5. Menulis makalah hasil penelitian untuk disubmit ke seminar internasional dan jurnal internasional.</li> <li>6. Menyusun naskah buku ajar.</li> <li>7. Menyusun dan mendaftarkan Paten (HKI).</li> </ol>
2	Dr. Indah Soesanti, S.T., M.T. (Anggota 1)	UGM	Sistem Isyarat Elektronis dan Teknologi Informasi	15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penanggung-jawab rancang-bangun prototype <i>power rectifier</i>.</li> <li>2. Realisasi dan implementasi sistem cerdas MPPT.</li> <li>3. Penanggung-jawab rancang-bangun rancang-bangun prototype <i>solar charge controller</i>.</li> <li>4. Membantu menyusun buku ajar.</li> <li>5. Menyusun draf Paten (HKI).</li> <li>6. Menulis makalah hasil penelitian untuk disubmit ke seminar internasional dan jurnal internasional.</li> </ol>
3	Ir. Agus Jamal, M.Eng., IPU. (Anggota 2)	UMY	Teknik Elektro (Sistem Instrumentasi)	15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penanggung-jawab rancang-bangun prototype <i>pure sine power inverter</i>.</li> <li>2. Penanggungjawab pengadaan alat dan bahan riset.</li> <li>3. Penanggungjawab pengujian prototype alat hasil penelitian di laboratorium Teknik Elektro UMY.</li> <li>4. Membantu rancang-bangun <i>power rectifier</i> dan <i>solar charge controller</i>.</li> <li>5. Dokumentasi dan menyusun logbook.</li> </ol>

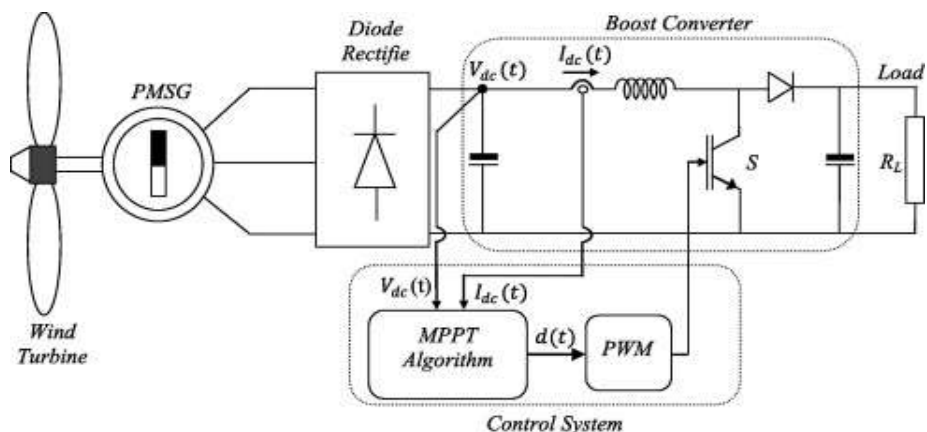
4	Ahdi Kurniawan, ST (Laboran)	UMY	Teknik Elektro (Teknik Elektronika)	5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mempersiapkan sarana dan prasarana di laboratorium Teknik Elektro UMY.</li> <li>2. Mempersiapkan dan memelihara peralatan penelitian.</li> <li>3. Membantu pencatatan data dan dokumentasi</li> </ol>
5	Suryadi (Staf Administrasi)	UMY	Akuntansi	5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membantu administrasi penyusunan laporan kegiatan penelitian (logbook)</li> <li>2. Membantu administrasi penyusunan laporan keuangan</li> </ol>

## BAB 4

### HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

#### 4.1. Model Wind Power System

Diagram sistem tenaga angin ditunjukkan pada Gambar 4.1. Pada Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa sistem tenaga angin terdiri dari komponen utama yaitu turbin angin, generator, daya penyearah, konverter peningkatan, perangkat MPPT, dan beban resistif. Turbin angin berfungsi untuk memutar generator dengan memanfaatkan hembusan angin. Turbin angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah turbin horisontal yang menggunakan blade berbentuk turbin angin gaya drag blade. Turbin angin memiliki rotor yang dipasangkan dengan rotor generator. Turbin angin berputar kemudian secara otomatis memutar rotor generator. Generator yang digunakan adalah generator tipe PMSG (generator magnet permanen). Generator jenis ini sangat populer digunakan dalam sistem tenaga angin kecil hingga sedang. Generator yang diputar turbin ini menghasilkan tegangan 3 fasa. Kemudian tegangan listrik 3 fasa diperbaiki oleh rectifier untuk menghasilkan tegangan dc. Tegangan dc kemudian diproses oleh boost converter untuk mendapatkan tegangan yang tepat mengikuti sistem yang diinginkan. Untuk memaksimalkan daya generator yang dihasilkan, maka MPPT (pengendali titik daya maksimum) digunakan. Dalam penelitian ini, MPPT dioperasikan berdasarkan metode perturb dan observasi.



Gambar 4.1. Diagram model wind power system



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Penelitian ini mengkaji implementasi MPPT (Maximum Power Point Tracking) pada pembangkit tenaga angin. Metode yang diterapkan untuk MPPT didasarkan pada perturbing dan mengamati algoritma. Berdasarkan hasil dan diskusi, semakin tinggi kecepatan angin, semakin tinggi tegangan output generator dan arus yang mengalir dalam beban resistif. Fenomena ini terjadi ketika sistem tenaga angin melayani beban resistif dari 200 ohm dan 400 ohm, masing-masing, selama kondisi sistem baik dengan dan tanpa MPPT. Implementasi MPPT telah berhasil meningkatkan daya output generator dari sistem tenaga angin. Rata-rata peningkatan daya output generator dengan aplikasi MPPT berdasarkan perturbing dan metode amati adalah 113,90%. Selain itu, efisiensi tenaga angin tertinggi terjadi pada kecepatan angin 10 m / s.

#### **5.2 Saran**

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan uji coba real di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, J., Chen, J., and Gong, C. (2014). On Optimizing the Aerodynamic Load Acting on the Turbine Shaft of PMSG-Based Direct-Drive Wind Energy Conversion System. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 61(8), 4022-4031.
- Ishaque, K., Salam, Z., Amjad, M., and Mekhilef, S. (2012). An Improved Particle Swarm Optimization (PSO)-Based MPPT for PV With Reduced Steady-State Oscillation. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 27(8), 342-353.
- Jlassi, I., Estima, J.O., Khil, S.K.E., Bellaaj, N.M., and Cardoso, A.J.M. (2015). Multiple Open-Circuit Faults Diagnosis in Back-to-Back Converters of PMSG Drives for Wind Turbine Systems. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30(5), 2689-2702.
- Kim, K.H., Jeung, Y.C., Lee, D.C., and Kim, H.G. (2012). LVRT Scheme of PMSG Wind Power Systems Based on Feedback Linearization. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 27(5), 2376-2384.
- Lee, J.S., and Lee, K.B. (2015). Open-Switch Fault Tolerance Control for a Three-Level NPC/T-Type Rectifier in Wind Turbine Systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62(2), 1012-1021.
- Manganiello, P., Ricco, M., Petrone, G., Monmasson, E., and Spagnuolo, G. (2014). Optimization of Perturbative PV MPPT Methods Through Online System Identification. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 61(12), 1045-1061.
- Mendis, N., Muttaqi, K.M., and Perera, S. (2014). Management of Battery-Supercapacitor Hybrid Energy Storage and Synchronous Condenser for Isolated Operation of PMSG Based Variable-Speed Wind Turbine Generating Systems. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(2), 944-953.
- Mohanty, S., Subudhi, B., and Ray, P.K. (2016). A New MPPT Design Using Grey Wolf Optimization Technique for Photovoltaic System Under Partial Shading Conditions. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 7(1), 24-36
- Nabulsi, A., and Dhaouadi, R. (2012). Efficiency Optimization of a DSP-Based Standalone PV System Using Fuzzy Logic and Dual-MPPT Control. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 8(3),
- Setneg RI. (2014). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan energi nasional. *Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia*, Jakarta.
- Syahputra, R. (2012a). Distributed Generation: State of the arts dalam Penyediaan Energi Listrik. *LP3M-UMY*, Yogyakarta.
- Syahputra, R. (2012b). Fuzzy Multi-Objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG. *IJCSIT*, 4(2), 57-68.
- Syahputra, R., Robandi, I., and Ashari, M. (2014). Performance Analysis of Wind Turbine as a Distributed Generation Unit in Distribution System. *IJCSIT*, 6(3), 39-56.
- Syahputra, R., Robandi, I., and Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *IREE*, 10(2), 293-304.
- Shariatpanah, H., Fadaeinedjad, R., and Rashidinejad, M. (2013) A New Model for PMSG-Based Wind Turbine With Yaw Control. *IEEE Trans on Energy Conv.*, 28(4), 929-937.
- Van, T.L., Nguyen, T.H., and Lee, D.C. (2015) Advanced Pitch Angle Control Based on Fuzzy for Variable-Speed Wind Turbine. *IEEE Trans on Energy Conversion*, 30(1), 578-587.
- Wang, F., Wu, X., Lee, F.C., Wang, Z., Kong, P., and Zhuo, F. (2014). Analysis of Unified Output MPPT Control in Subpanel PV Converter System. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 29(3), 325-337.
- Wang, Y., Meng, J., Zhang, X., and Xu, L. (2015). Control of PMSG-Based Wind Turbines for System Inertial Response and Power Oscillation Damping. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 6(2), 565-574.

Yaramasu, V., Wu, B., Alepuz, S., and Kouro, S. (2014). Predictive Control for Low-Voltage Ride-Through Enhancement of Three-Level-Boost and NPC-Converter-Based PMSG Wind Turbine. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 61(12), 6832-6843.

## LAMPIRAN

### FORMULIR EVALUASI ATAS CAPAIAN LUARAN KEGIATAN

Ketua : Dr. Ramadoni Syahputra  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Judul : Rancang Bangun Power Converter untuk Produksi Energi pada Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Tenaga Surya dan Bayu  
Waktu Kegiatan : Tahun ke-1 dari rencana 3 tahun

Luaran yang direncanakan dan capaian tertulis dalam proposal:

No	Luaran yang Direncanakan	Capaian
1	Laporan Penelitian	100%
2	Publikasi di Jurnal Internasional ( <i>In Review</i> )	90%
3	Publikasi di Seminar Internasional ( <i>Accepted/Terdaftar</i> )	95%
4	Hak Cipta (HKI) ( <i>Granted</i> )	100%
5	Purwarupa ( <i>Produk</i> )	100%
6	Buku Ajar Ber-ISBN ( <i>Draft</i> )	80%

CAPAIAN:

#### 1. PUBLIKASI ILMIAH

	Keterangan
Nama jurnal yang dituju	IREE (International Review of Electrical Engineering)
Klasifikasi jurnal	Jurnal Internasional terindeks Scopus (Q1)
<i>Impact factor</i> jurnal	0,56
Judul artikel	Strategy of Performance Improvement for Small-Scale Wind Turbine System Based on Maximum Power Point Tracking Control
Status naskah:	
- Proses Review ( <i>In Review</i> )	√

#### 2. PEMBICARA PADA PERTEMUAN ILMIAH (SEMINAR/SIMPOSIUM)

	Internasional
Judul Makalah	Maximum Power Point Tracking Based on Perturb and Observe Method for Wind Power System
Nama Pertemuan Ilmiah	Seminar Internasional ICW (International Conference and Workshop) Telkomnika 2018 di Yogyakarta
Tempat Pelaksanaan	Hotel Ambarukmo Plaza Yogyakarta
Waktu Pelaksanaan	September 2018
- <i>Accepted</i>	√

#### 3. HAK CIPTA (HKI)

HKI (Hak Cipta), <i>Granted</i> dari DITJEN HKI KEMENKUMHAM RI 17 Oktober 2018	Software Optimisasi Daya Maksimum Pada Konverter Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Metode Perturb And Observe
Nomor Permohonan	EC00201849891
Inventor	Ramadoni Syahputra dan Indah Soesanti

#### 4. PURWARUPA (*PROTOTYPE*)

Judul	Purwarupa Inverter Daya 1000 Watt Untuk Pembangkit Listrik Energi Terbarukan
Status	Produk
TKT	3 (Skala Laboratorium)
Tempat Uji	Lab Elektronika Daya Prodi Teknik Elektro Fak Teknik UMY

#### 5. BUKU AJAR

Judul	Teknologi Pembangkit Tenaga Listrik
Status	Proses Editing
Penerbit	LP3M UMY
No. ISBN	-

#### 6. PEMBICARA UTAMA PADA PERTEMUAN ILMIAH (*INVITED SPEAKER*)

	Nasional
Judul Makalah	Save the Energy to Preserve the Future: Think Globally, Act Locally
Nama Pertemuan Ilmiah	Seminar Nasional Edukasi Hemat Energi 2018 di UMY Yogyakarta
Tempat Pelaksanaan	Kampus UMY Yogyakarta
Waktu Pelaksanaan	31 Maret 2018
- <i>Sudah Dilaksanakan</i>	√

#### 7. CAPAIAN LAINNYA

PENGHARGAAN	Nominasi SINTA 2018 (Peringkat 3 Nasional) Kategori Penulis PTS
-------------	--------------------------------------------------------------------

Yogyakarta, Oktober 2018

Ketua,  


(Dr. Ramadoni Syahputra)

# **BUKTI LUARAN**