

**PROSIDING**

ISSN:2339-1553

# senari

**Seminar Nasional Riset Inovatif**

**Seminar Nasional Riset Inovatif Ke-2**  
**Lembaga Penelitian Universitas Pendidikan Ganesha**

*"Memperkuat Jati Diri Bangsa  
Melalui Riset Inovatif, Unggul, dan Berkarakter"*

**Grand INNA Kuta Bali, 21-22 November 2014**

## SENARI 2014 Seminar Nasional Riset Inovatif

### Komite Program:

- Prof. Dr. I Nyoman Sudiana, M.Pd (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Made Utama, M.Pd (UNDIKSHA)
- Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd (UNDIKSHA)
- Dr. Gusti Ngurah Pujawan, M.Pd (UNDIKSHA)
- Wayan Muderawan, Ph.D (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. AAIN Marhaeni, M.A (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Nengah Suandi, M.Hum (UNDIKSHA)

### Reviewer:

- Prof. Dr. AAIN Marhaeni, M.A (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Nengah Suandi, M.Hum (UNDIKSHA)
- Prof. Zainal Arifin Hasibuan, Ph.D (Universitas Indonesia)
- Prof. Dr. Richardus Eko Indrajit (Perbanas Institut)
- Prof. Kustim Wibowo, Ph.D (Indiana University of Pennsylvania)
- Prof. Dr. Nyoman Dantes (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Ni Ketut Suarni, M.S. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Gede Sedanayasa, M.Pd (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. I Made Candiasa, M.IKom. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. I Made Ardana, M.Pd. (UNDIKSHA)
- Prof. Sariyasa, M.Sc., Ph.D (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. I Wayan Suastra, M.Pd. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Nyoman Wijana, M.Si. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Putu Budi Adnyana, M.Si. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. I Wayan Santyasa, M.Si. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Ni Putu Ristiati, M.Pd. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. I Nyoman Natajaya, M.Pd. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Gede Astra Wesnawa, M.Si. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Naswan Suharsono, M.Pd. (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Ida Bagus Putrayasa, M.Pd (UNDIKSHA)
- Prof. Dr. Drs. I Wayan Rasna, M.Pd. (UNDIKSHA)
- Dr. Gede Suweken, M.Sc. (UNDIKSHA)
- Dra. Luh Putu Artini, M.A., Ph.D. (UNDIKSHA)
- Dr. Ni Made Ratminingsih, M.A. (UNDIKSHA)
- Dr. I Wayan Mudana, M.Si. (UNDIKSHA)
- Dr. Luh Putu Sendratari, M.Hum. (UNDIKSHA)
- Dr. I Nyoman Tika, M.Si. (UNDIKSHA)
- Dr. A.A.I.R.A. Sudiarmika, M.Pd. (UNDIKSHA)
- Dr. I Made Gunamantha, S.T., M.M. (UNDIKSHA)
- Dr. I Made Tegeh, M.Pd. (UNDIKSHA)
- Dr. Gede Rasben Dantes, S.T., M.T.I. (UNDIKSHA)
- Kadek Yota E. Aryanto, S.Kom., M.T., Ph.D (candidate) (UNDIKSHA)

### Komite Pelaksana :

- **Ketua Pelaksana** : Dr. Gede Rasben Dantes, S.T., M.T.I.
- **Sekretaris** : I Putu Ngurah Wage Myartawan, S.Pd., M.Pd.
- **Bendahara** : Made Ari Astrini, A.Md.
- **Makalah/prosiding** : Dr. I Made Gunamantha, ST,MT.
- **Sidang** : Prof. Dr. Putu Budi Adnyana, M.Si.
- **Sekretariat** : Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd.

## SAMBUTAN KETUA PANITIA

Pertama-tama izinkanlah saya menghaturkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas kehendak dan perkenan-Nyalah Seminar Nasional Riset Inovatif (SENARI) yang kedua ini dapat terselenggara sesuai dengan yang telah direncanakan. SENARI digagas oleh Lembaga Penelitian UNDIKSHA dan divisikan sebagai wadah bagi para peneliti, baik dari dalam UNDIKSHA maupun luar UNDIKSHA, untuk mempublikasikan hasil-hasil penelitiannya yang inovatif, unggul dan berkarakter dalam rangka memperkuat jati diri bangsa. Khusus pada penyelenggaraannya yang kedua ini, SENARI mengusung tema “Memperkuat Jati Diri Bangsa Melalui Riset Inovatif, Unggul, dan Berkarakter.”

Pada penyelenggaraannya yang kedua ini, SENARI telah menerima sebanyak 238 paper dari berbagai disiplin ilmu (bidang pendidikan sebanyak 78 artikel, bidang sosial humaniora sebanyak 63 artikel, dan bidang sains & teknologi sebanyak 52 artikel), namun hanya 193 pemakalah yang lolos seleksi untuk mempresentasikan hasil-hasil penelitian dan gagasannya pada seminar nasional ini. Kegiatan ini juga diikuti oleh 21 peserta non-pemakalah yang berasal dari kalangan pendidik, praktisi, maupun mahasiswa. Sebagian besar pemakalah memang berasal dari peneliti UNDIKSHA, akan tetapi kita semua patut berbangga karena pada penyelenggaraannya yang kedua ini, SENARI ternyata mendapatkan respon positif akademisi dari universitas-universitas lain di Indonesia. Di samping, para peserta dari provinsi Bali, telah hadir di tengah-tengah kita sekarang ini 66 peneliti dari 14 provinsi lain di Indonesia, yaitu: DKI Jakarta, Yogyakarta, Jawa Timur, Jawa Barat, Bengkulu, Riau, Sumatera Selatan, Sulawesi Selatan, Gorontalo, Sulawesi Tenggara, Maluku, Aceh, NTB, NTT. Untuk itu izinkanlah saya atas nama panitia mengucapkan selamat datang kepada para peserta pada Seminar Nasional Riset Inovatif yang kedua tahun 2014, yang akan kita laksanakan dari tanggal 21-22 Nopember 2014 di Grand Inna Kuta Bali. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan atas kesediaannya berpartisipasi dalam kegiatan seminar nasional yang kami selenggarakan ini. Sambutan positif dari rekan-rekan peneliti dari berbagai provinsi ini menambah keyakinan kami bahwa SENARI akan mampu berkiprah lebih tinggi dalam kancah nasional di masa mendatang.

SENARI yang kedua ini menampilkan 4 pembicara. Sebagai pembicara kunci adalah Prof. Agus Subekti, M.Sc., Ph.D. sebagai Direktur DP2M DIKTI, dan sebagai pembicara utama adalah Prof. Zainal Arifin Hasibuan, Ph.D. (Ketua BSNP), Prof. Dr. I Gede Wenten (Peneliti Senior Teknik Kimia, ITB) dan Drs. I Gede Suyasa, M.Pd. (Ketua BAPPEDA Kabupaten Buleleng, Bali). Atas nama panitia, izinkanlah saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pembicara yang telah memenuhi permintaan panitia sebagai narasumber dalam Seminar Nasional Riset Inovatif ini.

Kegiatan seminar nasional ini tidak dapat terselenggara tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini izinkanlah saya mewakili panitia mengucapkan terima kasih banyak kepada: (1) DIKTI atas pendanaan penelitian yang diberikan, khususnya kepada peneliti UNDIKSHA sehingga para peneliti dapat melakukan dan mempublikasikan hasil-hasil penelitiannya; (2) Rektor Universitas Pendidikan Ganesha yang telah mendukung terselenggaranya kegiatan ini; (3) Pemerintah daerah kabupaten Buleleng dan Provinsi Bali atas kerjasama yang telah terjalin selama ini baik di bidang penelitian maupun pengabdian pada masyarakat dengan peneliti-peneliti UNDIKSHA; (4) Komite Program yang telah memberikan dukungannya baik moral maupun material untuk pelaksanaan kegiatan ini; (5) Para reviewer yang telah bekerja keras dalam proses seleksi artikel-artikel dalam seminar nasional riset inovatif ini, dan (6) seluruh panitia pelaksana atas kerja keras dan dedikasinya demi terselenggaranya kegiatan seminar nasional ini.

Sebagai penutup, saya ucapkan selamat berseminar kepada seluruh peserta. Semoga kegiatan yang kita laksanakan ini dapat menjadi motivasi bagi kita untuk dapat meningkatkan kapasitas penelitian kita, sekaligus memberikan sumbangsih bagi kemajuan bangsa dan negara kita, khususnya dalam bidang penelitian. Terima kasih.

Singaraja, 14 Nopember 2014  
Ketua Panitia

## DAFTAR ARTIKEL

(klik salah satu judul untuk melihat isi artikel)

1. PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS INKUIRI UNTUK MENINGKATKAN SIKAP ILMIAH DAN HASIL BELAJAR FISIKA DI SMA.....1
2. PENINGKATAN KERUKUNAN UMAT BERAGAMA DI PTU MELALUI MATAKULIAH PAI ..... 12
3. PENGEMBANGAN TES KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF .....18
4. EKTIVITAS BLENDED LEARNING PADA PERKULIAHAN KIMIA KUANTUM DASAR .....26
5. Identifikasi Materi Ajar Kepariwisata serta Relevansinya dengan Materi Ajar Bahasa Indonesia Ragam Kepariwisata untuk Siswa Kelas X SMK Program Keahlian UPW di Kota Denpasar.....35
6. REVITALISASI PENGANEKARAGAMAN PANGAN MELALUI PENGEMBANGAN *NASI MORAN* SEBAGAI MAKANAN POKOK TRADISIONAL BALI .....49
7. INOVASI PEMBELAJARAN MELALUI KEGIATAN PERTANIAN DI LAHAN KERING BERBATU PADA PENDIDIKAN VOKASIONAL PERTANIAN.....54
8. EFEKTIVITAS PENGGUNAAN “READING LOG” DALAM MATA KULIAH STRATEGI PEMBELAJARAN BAHASAJURUSAN PENDIDIKAN BAHASA JEPANGUNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA SINGARAJA .....60
9. REVITALISASI KOMPETENSI PEDAGOGIK MENJADIKAN PEMBELAJARAN SASTRABERBASIS NILAI KEARIFAN LOKAL LEBIH BERMAKNA .....66
10. PENGEMBANGAN BAHAN AJAR BIPA KONTEKSTUAL BERBASIS BUDAYA LOKAL BALI .....73
11. KARAKTERISTIK TEKS-TEKS SANGKALAN (REFUTATION TEXT) HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK.....78
12. THE EFFECT OF READING STRATEGIES MODEL AS A COMBINATION OF COGNITIVE, METACOGNITIVE AND THINK ALOUD STRATEGIES ON L2 READING COMPREHENSION TEXTS.....83
13. IMPLEMENTASI MODEL PEMBELAJARAN INKUIRIBERMUATAN PENDIDIKAN KARAKTER DALAM PEMBELAJARAN IPA UNTUK MEMPERBAIKI KARAKTER SISWA SMP.....87
14. EVALUASI PENGEMBANGAN VIDEO TENTANG ASI EKSKLUSIF SEBAGAI MEDIA PENDIDIKAN GIZI UNTUK KADER POSYANDU.....94
15. MODEL PEMBENTUKAN PERILAKU GEMAR BACADENGAN PENDEKATAN *SUSTAINED SILENT READING* PADA PEBELAJAR SD NEGERI DI KOTA MALANG MENUJU GENERASI BERKARAKTER .....99
16. INTEGRASI KEARIFAN LOKAL KE DALAM KURIKULUM ILMU ALAMIAH DASAR..... 107
17. PERUMUSAN KONTEN MATAKULIAH KOMPETENSI UTAMA DITINJAU DARI RUMPUN KEILMUAN AKUNTANSI (Analisis Konten Akuntansi Keuangan dalam Kurikulum Jurusan Akuntansi S1)..... 117
18. PENGEMBANGAN PERANGKAT PRAKTIKUM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN LABORATORIUM CALON GURU FISIKA ..... 123
19. Gambaran Gaya Belajar Siswa Kelas Akselerasi..... 128
20. MODEL “COUNTANANCE STAKE” DALAM EVALUASI PEMBELAJARAN BAHASA INGGRIS DI PERGURUAN TINGGI..... 134
21. PENGEMBANGAN MODEL KOMPUTERISASI SIKLUS AKUNTANSI BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING ..... 140
22. Model Pengasuhan Analisis Transaksional (AT) Untuk Menanggulangi Penyimpangan Perilaku Seksual di Kalangan Remaja Kabupaten Buleleng (Studi pada Sekolah SMP/SMA yang Memiliki Siswa Terindikasi) ..... 146
23. PENGEMBANGAN KOMPETENSI UTAMA KURIKULUM MULTY ENTRY – MULTY EXIT YANG BERORIENTASI KKNi PROGRAM STUDI DI LINGKUNGAN FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS UNDIKSHA – BALI ..... 152

24.	Pola Adaptasi Guru Dengan Proses Pembelajaran Model Tematik Setelah Diberlakukannya Kurikulum 2013 Pada Guru SD di Kota Malang .....	163
25.	IDENTIFIKASI DAN ANALISIS KINERJA DOSEN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA TAHUN AKADEMIK 2012/2013 .....	171
26.	ETNOMATEMATIKA SISTEM KALENDER BALI.....	177
27.	KARAKTERISTIK TEKS-TEKS SANGKALAN (REFUTATION TEXT) HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK.....	183
28.	PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN PENDIDIKAN IPS DALAM KONSTRUKSI KURIKULUM SEKOLAH DASAR.....	189
29.	PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN PKn BERPENDEKATAN PENDIDIKAN NILAI DENGAN ASESMEN PROYEK PADA SISWA KELAS VIII SMP NEGERI DI KOTA SINGARAJA.....	194
30.	Implementasi <i>Lesson Study</i> pada Matakuliah Pengembangan Kepribadian Bahasa Inggris di Jurusan Akuntansi Undiksha .....	201
31.	PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN KUANTUM BERSETING KOOPERATIF STAD UNTUK MENINGKATKAN MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR KONSEP DASAR IPA I .....	206
32.	EFEKTIVITAS MODEL EKOWISTA BAHARI BERBASIS PENDIDIKAN TERPADU .....	212
33.	Pelaksanaan Community Based Edutourism di Kawasan Bedugul dan Pancasari .....	216
34.	Implementasi Pendidikan Karakter Melalui Pengelolaan Modal Sosial Pada Pembelajaran di Sekolah Dasar ....	222
35.	Pengembangan Perangkat Asesmen Otentik sebagai Asesmen Proses dan Produk dalam Mata Pelajaran Bahasa Inggris di SMP Provinsi Bali.....	230
36.	UJI COBA KURIKULUM PENDIDIKAN MITIGASI BENCANA ALAM GEMPA BUMI BERBASIS KEARIFAN LOKAL MASYARAKAT BALI DI SEKOLAH DASAR .....	236
37.	Pemanfaatan <i>Open Educational Resources (OER)</i> pada Pembelajaran <i>online</i> tentang Pemanasan Global dan Perubahan Iklim .....	245
38.	Efektivitas Pendekatan Open-Ended Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Matematika Siswa SMP.....	259
39.	PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN UNTUK MEMBERIKAN PENDIDIKAN KESEHATAN REPRODUKSI REMAJA (PKRR) DI SMP .....	265
40.	PENGARUH MOTIVASI BELAJAR DAN SIKAP BAHASA TERHADAP PRESTASI BELAJAR KETERAMPILAN BERBAHASA MAHASISWA JURUSAN PENDIDIKAN BAHASA INGGRIS.....	272
41.	PENGARUH SERTIFIKASI DOSEN TERHADAP KINERJA PENGAJARAN DOSEN UNDIKSHA .....	278
42.	SOFTSKILL DEVELOPMENT SEBAGAI KONSEP DALAM KEGIATAN PENGEMBANGAN PROGRAM KEMAHASISWAAN (Studi Pemetaan dan Analisis Program Kemahasiswaan Fakultas Ekonomi dan Bisnis).....	285
43.	MODEL PENGEMBANGAN WILAYAH BERBASIS POTENSI SUMBER DAYA LOKAL UNTUK MENGATASI KETIMPANGAN PEMBANGUNAN ANTAR-WILAYAH DI PROVINSI MALUKU .....	293
44.	PENILAIAN POTENSI DIRI WIRAUUSAHA MAHASISWA JURUSAN PENDIDIKAN EKONOMI .....	300
45.	URGENSI PENDIDIKAN KARAKTER BERLANDASKAN <i>TRI HITA KARANA</i> (Studi Pengembangan Model Pembelajaran PKn-SD di Kota Singaraja).....	308
46.	PENGGUNAAN GAYA BAHASA DALAM BAHASA JURNALISTIK (PENELUSURAN KONTRADIKSI PERSEPSI DALAM PENULISAN BERITA).....	315
47.	Kekontekstualan Bahan Ajar Membaca- BIPA Pemula di ULB Undiksha.....	322
48.	Pengembangan PERANGKAT PEMBELAJARAN JARINGAN KOMPUTER BERBASIS MODEL PEMBELAJARAN PBL UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI DAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS KREATIF SISWA SMK TKJ DI BULELENG.....	327

49.	PENGEMBANGAN MODEL PEMBERDAYAAN KAWASANDANAU BUYAN SEBAGAI IKON <i>SPORT TOURISM</i> BALIBERLANDASKAN TRI HITA KARANA.....	339
50.	EFEKTIVITAS PENGINTEGRASIAN NILAI KEARIFAN LOKAL BALI DALAM MODEL PEMBELAJARAN PEMECAHAN MASALAH TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIKA SISWA SD....	347
51.	Merajut Karifan Lokal Bali yang Kosmosentris dalam Pembelajaran Geografi di Sekolah Menengah Atas: Usaha Menumbuhkan Insan-Insan Berkearifan Ekologi.....	355
52.	PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIFDENGAN <i>MACROMEDIA FLASH</i> UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI FISIKA SISWA SMP N 1 SERIRIT.....	367
53.	PENGARUH MODEL <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> BERBASIS ASESMEN KINERJA TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIRKRITIS MAHASISWA .....	376
54.	PEMETAAN KONTEN MATA KULIAH KOMPETENSI UTAMA PADA JURUSAN MANAJEMEN .....	386
55.	Pemakaian Kamus di Kalangan Mahasiswa Jurusan Pendidikan Bahasa Inggris FBS Undiksha.....	394
56.	STUDI PENELUSURAN TERHADAP ALUMNI JURUSAN PENDIDIKAN BAHASA DAN SASTRA INDONESIA UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA.....	401
57.	PENGEMBANGAN MULTIMEDIA KETERAMPILAN MENGAJARUNTUK PERKULIAHAN <i>MICROTEACHING</i> JURUSANPENDIDIKAN BAHASA INGGRIS.....	407
58.	Kontribusi Karya-karya Sastra Tradisional Bali dalam Pengembangan Pendidikan Karakter pada Materi Masatua dalam Peringatan Ulang Tahun ke-18 KMHD YBV UNDIKSHA) .....	416
59.	Persepsi Mahasiswa terhadap <i>Feedback</i> Langsung Berbentuk Video.....	425
60.	KEEFEKTIFAN PELATIHAN KENDALI DIRI UNTUK MEREDUKSI PERILAKU PROKRASTINASI AKADEMIK .....	432
61.	Investigating Students' Attitude toward A Whole Language Approach-based Reading and Writing for Occupational Purposes Course through Questionnaire <i>SCORE - Simple, Clear, Original, Relevant, Enjoyable</i> .....	445
62.	Pengembangan Pendidikan Karakter Berbasis Tradisi Lisan Terintegrasi dalam Materi Pelajaran IPA di Sekolah Dasar.....	455
63.	Status Keekerabatan Bahasa Sawu di antara Bahasa-Bahasa Daerah di NTB dan NTT.....	462
64.	Pengembangan Model Wisata Edukasi-EkonomiBerbasis Industri Kreatif Berwawasan Kearifan LokalUntuk Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Bali .....	471
65.	Pengembangan Software Of Hospitality Accounting Dictionary.....	479
66.	Dinamika Dan Sikap Bahasa Masyarakat Tuter Bahasa Bali Di Singaraja: Suatu Kajian Sosiolinguistik .....	484
67.	Pemikiran Sufisme Syekh Yusuf Al-Makassari Dalam Karya-Karyanya.....	490
68.	Mendeteksi Kecurangan Dalam Pelaporan Keuangan Melalui Perspektif Financial Stability Pressure Dan Ineffective Monitoring.....	498
69.	Penguatan Petani Kedelai Dari Sisi Input, Produksi, Dan Penerimaan Di Kabupaten Solok .....	504
70.	Dinamika Fonologis Bahasa Melayu Bali .....	513
71.	Persepsi Praktisi Akuntansi Terhadap Efektivitas Perangkat Simulasi Akuntansi Berbasis Multimedia Bagi Usaha Kecil Menengah Di Bali .....	521
72.	Pengembangan Perangkat Penilaian Kinerja Dengan Balanced Scorecard Pada Lembaga Perkreditan Desa Di Propinsi Bali.....	527
73.	Keselamatan Olahraga Melalui Buku Pedoman Keselamatan Dalam Olahraga.....	533
74.	Sejarah Batik Dan Motif Batik Di Indonesia.....	539
75.	Sasananing Pendeta Hindu Dalam Teks Geguritan Sidha Yoga Krama (GSYK) .....	546
76.	Model Pemberdayaan Perempuan Berbasis Kearifan Lokal Pada Keluarga Miskin Di Madiun .....	551

77.	Pengembangan Model Pembelajaran Cooperative Learning Untuk Mata Kuliah English For Food And Beverage Di Jurusan Perhotelan Undiksha .....	557
78.	Pengembangan Kamus Intermediate Accounting Berbasis Internet .....	564
79.	Bali sebagai Model Pengembangan Destinasi MICE di Indonesia.....	569
80.	Pertumbuhan Ekonomi, Kemiskinan Dan Kesejahteraan .....	575
81.	Pengaruh Profitabilitas Terhadap Nilai Perusahaan Dengan Kebijakan Deviden (Deviden Payout Ratio) Sebagai Variabel Mediasi .....	581
82.	Penandingan Historical Cost Dan Current Cost Dalam Rangka Penilaian Kinerja Manajemen Koperasi.....	590
83.	Analisis Potensi Dan Masalah Media Pembelajaran Bahasa Inggris Di Sekolah Dasar .....	596
84.	Perbandingan Komunikasi Nonverbal Penutur Asli dan Penutur Asing Bahasa Inggris dalam <i>Public Speaking</i> .	602
85.	Prediksi Indek Harga Saham Gabungan Di BEI Akibat Perubahan Variabel Makro Ekonomi.....	609
86.	Tegal Suci: Pura Hindu Tanpa Tempat Pemujaan (Mengurai Sejarah dan Makna di Balik Pertautan Islam – Hindu .....	615
87.	Kasta: Modalitas Sosial yang Membanggakan dan Menghancurkan .....	624
88.	Kata Majemuk Bahasa Inggris Dan Terjemahannya Dalam Bahasa Indonesia.....	635
89.	Strategi Pemasaran Produk Ekonomi Kreatif Warga Belajar Di Bali .....	642
90.	Tubuh Perempuan Dalam Teror Patriarki .....	648
91.	Model Pendampingan Bisnis Ekonomi Kreatif Sektor Pariwisata Secara Integratif .....	656
92.	Keberlanjutan Sistem Subak Di Perkotaan, Kasus Subak Anggabaya, Di Kawasan Kelurahan Penatih, Kecamatan Denpasar Utara, Kota Denpasar.....	663
93.	Perbedaan Sikap Akuntanpublik Dan Pengguna Jasa Akuntan Publik Terhadap Advertensi Jasa Akuntan Publik .....	669
94.	Pemetaan Potensi Ekowisata Wilayah Pesisir Di Kabupaten Buleleng.....	676
95.	Remitansi TKI Dan Dampaknya Terhadap Pengentasan Kemiskinan Daerah Asal Di Kabupaten Malang .....	685
96.	Pengembangan Puri Agung Singaraja Sebagai Daya Tarik Wisata Sastra .....	691
97.	Kharisma Dan Kewibawaan Pemimpin Dalam Pandangan Masyarakat Pidie.....	697
98.	Model Pelaporan Tanggung Jawab Sosial Dan Lingkungan Perusahaan Pemilik Ijin Pengusahaan Pariwisata Alam Berbasis Filosofi Tri Hita Karana .....	703
99.	Pengembangan Model Sadar Pajak Masyarakat Pedesaan Berbasis Banjar .....	709
100.	Model Konseptual Kinerja Individual Pegawai Pemerintah Daerah Kabupaten Yang Berbasis Kompetensi, Komitmen Organisasi, Dan Motivasi Kerja.....	714
101.	Pengembangan Model Pengentasan Kemiskinan Berbasis Nilai-Nilai Nyamabraya (Ajaran Tatwamasi) Pada Masyarakat Perkotaan Di Provinsi Bali.....	726
102.	Keputusan Pengelolaan Lingkungan Dengan Dukungan Arsitektur Sistem Cerdas .....	736
103.	Analisis Kinerja Pemerintahan Kabupaten Ogan Komering Ilir Dalam Perspektif EksternalMelalui Survey Kepuasan Masyarakat .....	741
104.	Seni Tradisi Randai Dengan Pembacaan Masa Kini : .....	747
105.	Muatan Perlindungan Hukum Pengembangan Usaha Kuliner Tradisional Sumatera Selatan Melalui Waralaba Oleh Pemerintah Daerah.....	754
106.	Pengembangan Cerita Bergambar Berkarakter Untuk Anak: .....	761

107. Optimalisasi Kearifan Lokal Sebagai Upaya Meningkatkan Daya Saing Di Sampang Dan Pamekasan Melalui Pembentukan Peraturan Daerah* .....	767
108. Membaca Tubuh Laki-laki dalam Media .....	774
109. Pelayaran Perintis Dalam Perspektif Sejarah Pembangunan Kawasan Tertinggal Dan Terluar Untuk Memperkuat Kedaulatan NKRI .....	780
110. Pengembangan Profesi Guru Berbasis <i>Reward and Punishment</i> .....	795
111. Model Kebijakan Industri Kreatif Kecamatan.....	801
112. Implementasi Strategi Pengelolaan Diri Model Yates Dalam Rangka Meningkatkan Produktivitas Kerja Karyawan Garmen Di Daerah-Daerah Wisata Di Bali.....	806
113. Gestalt Play Therapy untuk Menangani Masalah Penyesuaian Sosial: Studi Kasus pada Siswa Taman Kanak-kanak.....	814
114. Membangun Bengkulu Melalui Peningkatan Sektor Pariwisata .....	822
115. In/Fidelity Criticism:.....	829
116. Menuju Kajian Adaptasi yang Lebih Kritis dan Terbuka .....	829
117. Perbedaan Sikap Akuntanpublik Dan Pengguna Jasa Akuntan Publik Terhadap Advertensi Jasa Akuntan Publik .....	843
118. Pengaruh Penerapan Total Quality Management terhadap Kinerja Bisnis.....	851
119. Membangun Semangat dan Karakter Kebangsaan Melalui <i>Youth Participatory Action Research</i> : Studi Kasus Implementasi Lomba Uji Cerdas Perpustakaan Tingkat Propinsi Jawa Timur.....	856
120. Pro Kontra Lembaga Wali Nanggroe Dan Potensinya Terhadap Konflik Disintegrasi Suku Di Provinsi Aceh .....	866
121. Inovasi Pemasaran Dan Penciptaan Pasar Kain Tenun Endek Di Kabupaten Klungkung.....	875
122. Sintesa Molekul Pencetak Magnetit Kitosan untuk Mengadsorpsi Malachite Green dari Larutan .....	891
123. Lipase Alkali dan Stabil Alkohol dari Bakteri Isolat TanahTerkontaminasi Minyak di Pasar Anyar Singaraja, Bali .....	900
124. Separabilitas Suatu Klas Sandi Gray <i>N-erSiklik</i> .....	907
125. KAJIAN BIDANG LONGSORAN DI DAS ALO .....	912
126. PENGGUNAAN <i>CHROMOPHORIC DISSOLVED ORGANIC MATTER</i> (CDOM) UNTUK MENENTUKAN KONSENTRASI <i>DISSOLVED ORGANIC CARBON</i> (DOC) SECARA IN-SITU.....	917
127. Strategi Pemasaran dan Pengaruhnya TerhadapPerkembangan Usaha UMKM Makanan Ringan di Kota Payakumbuh Sumatera Barat .....	923
128. KAJIAN ASPEK BIOFISIK DAN SOSIAL EKONOMI MASYARAKAT DI SEKITAR DAS RANDANGAN KABUPATEN POHUWATO PROVINSI GRONTALO.....	929
129. ANALISIS MIKROBIOLOGIS BAKTERI ANAEROBIK SEBAGAI INDIKATOR PENCEMARAN PADA MUARA TUKAD BULELENG, DI PERAIRAN KAMPUNG TINGGI, KABUPATEN BULELENG .....	937
130. Metode Reversible Jump Markov Chain Monte Carlo .....	945
131. Penggunaan Koagulan Aluminium Sulfat Untuk Pengolahan Awal Degradasi Fenol Pada Lindi TPA Bengkala .	949
132. PEMBERDAYAAN MASYARAKATMELALUI PELATIHAN DAN IMPLEMENTASI ERGONOMI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS KESEHATAN PEMATUNG DI DESA PELIATAN, UBUD, GIANYAR, BALI.....	954
133. <i>DASHBOARD INFORMATION SYSTEM</i> PENDUDUK MISKIN SEBAGAI BAHAN EVALUASI KEBIJAKAN PENGENTASAN KEMISKINAN .....	963
134. PENGEMBANGANMODEL MINA WISATA BERBASIS PERIKANAN TANGKAP DI KABUPATEN BULELENG BALI .....	971



135. STUDI KASUS PERILAKU LAKI-LAKI YANG BEKERJASEBAGAI KIPER DALAM UPAYA PENCEGAHAN HIV/AIDS DI PANTAI LOVINA .....	977
136. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Belum Diterapkannya Pencatatan Keuangan Berbasis SAK ETAP di UMKM (Studi Kasus UMKM di Kabupaten Buleleng) .....	986
137. DI KAWASAN PESISIR KABUPATEN BULELENG .....	993
138. ANALISIS KOMPARATIF KINERJA SAHAM SEKTOR KEUANGAN, MANUFAKTUR, DAN PERTAMBANGAN DI BURSA EFEK INDONESIA TAHUN 2013 .....	1001
139. POTENSI SENYAWA ANTIBAKTERI ISOLAT BAKTERI ASAM LAKTAT YANG DIISOLASI DARI BAKASANG TERNATE.....	1007
140. PENGEMBANGAN MODUL FISIKA HYPERMEDIA BILINGUAL BERKONTEKS KEARIFAN LOKAL BALI UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN HASIL BELAJAR FISIKA SISWA SMA .....	1013
141. STUDI KEANDALAN KETERSEDIAAN DAYA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK PT PLN SISTEM SULSELBAR TAHUN 2010-2020 .....	1021
142. Pengembangan Media Pembelajaran Matakuliah Pengantar Kecerdasan Buatan Bahasan Jaringan Syaraf Tiruan .....	1026
143. Rancangan Sistem Informasi Geografis Penggalan Dan Penyebaran Potensi Wisata Berdasarkan Kontribusi Masyarakat Berbasis <i>Mobile</i> .....	1032
144. Prototipe Customer Relationship Management (Crm) Perguruan Tinggi Untuk Meningkatkan Daya Saing: Studi Kasus Stmik Atma Luhur Pangkalpinang.....	1039
145. Pemecahan Masalah Krisis Energi Listrik di Pulau Tarakan.....	1045
146. PERANCANGAN APLIKASI PELAYANAN PESAN OBAT DAN ALKES BERBASIS SMS GATEWAY.....	1052
147. Pengembangan Sistem Penyimpanan Data Fitur Citra Tulisan Tangan Aksara Bali .....	1059
148. ANALISIS PERSEPSI PETANI TERHADAP PEMBUATAN DAN PENGGUNAAN PUPUK ORGANIK CAIR BERFITOHORMON DARI TAUGE .....	1066
149. MODEL DATA WAREHOUSE KEMISKINAN UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN DALAM PERENCANAAN PEMBANGUNAN .....	1074
150. Prototipe Sistem Kemahasiswaan Pada Universitas Berbasis Android Dengan Pendekatan Customer Relationship Management.....	1081
151. PEMERINGKATAN GABUNGAN KELOMPOK TANI (GAPOKTAN) MENGGUNAKAN METODE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) .....	1088
152. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Teknologi Informasi pada Mata Kuliah Studi Kelayakan Bisnis.....	1109
153. Aplikasi Mikrokontroler At89S51 Sebagai Kendali Mp3 Player Berbasis Radio Frequency Identification Pada Sistem Pelayanan Informasi Objek Museum.....	1115
154. AUTOMASI UNTUK EFISIENSI MANAJEMEN PROYEK SISTEM INFORMASI STUDI KASUS PADADIVISICOORPORATE INFORMATION SYSTEM & TECHNOLOGY (CIS&T) PT ABC, TBK .....	1121
155. Pengembangan Bilingual Mobile Learning Application berbasis Android untuk Pembelajaran Pemrograman Berorientasi Objek .....	1128
156. PENGARUH KONSENTRASI TAWAS TERHADAP PEWARNAAN KAIN MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT BAWANG MERAH.....	1134
157. Realisasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor BLDC Menggunakan DSP TI C2000 untuk Pengembangan Metode Belajar Mengajar Berbasis Aplikasi Praktis .....	1140
158. ANALISA NUMERIK SISTEM PENGERINGAN CENGKEH DENGAN ENERGI SURYA .....	1146
159. INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI KELAPA SAWIT RAMAH LINGKUNGAN.....	1151

160. Implementasi Pemrosesan Paralel untuk Pewarnaan Graph Membangun Perangkat Lunak Penjadwalan Kuliah Politeknik Caltex Riau .....	1157
161. ALOKASI OPTIMUM PEMBANGKIT TERSEBAR BERTIPEINJEKSI DAYA AKTIF PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGALISTRIK BERBASIS <i>PARTICLE SWARM OPTIMIZATION</i> .....	1163
162. MODEL DATA WAREHOUSE KEMISKINAN UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN DALAM PERENCANAANPEMBANGUNAN .....	1167
163. Pemecahan Masalah Krisis Energi Listrik di Pulau Tarakan.....	1174
164. Sistem E-Learning Untuk Mendukung Proses Belajar Mengajar .....	1181
165. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT LUNAK PADA TROLI PINTAR KOMUNIKASI TABLET DAN MIKROKONTROLLER.....	1189
166. PENGARUH PERLAKUAN <i>SIZING</i> TERHADAP KEKUATAN TARIK SERAT TUNGGALSERAT ALAM RAMI	1199
167. Profil Hutan Adat dan Sikap Konservasi Masyarakat Desa Adat Tiga Wasa, Buleleng .....	1204
168. PENGARUH PENAMBAHAN SLUDGE LIMBAH PENGOLAHAN LINDI TERHADAP NILAI ANALISIS PROKSIMAT DAN KALOR BRIKET ARANG LIMBAH BIOMASSA.....	1213
169. Pemetaan Tema-tema Sejarah Androgynous dalam Sejarah Indonesia:.....	1223
170. Pemanfaatan Limbah Buah- Buah dalam Pembuatan Bioaktivator Sederhana untuk Mempercepat Proses Pengomposan(Studi Pendahuluan).....	1229
171. APLIKASI PENGAJUAN SKRIPSI ONLINE ( <i>E-THESYS</i> ) PADA FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS LANCANG KUNING.....	1234
172. Rancang Bangun Aplikasi Monografi Kelurahan Sei Mempura Kabupaten Siak - Riau.....	1239
173. pengembangan model e-learning sebagai agen pembelajaran .....	1243
174. <i>fACE-eXPRESSIONdETECTION</i> : PENDETEKSIAN EKSPRESI WAJAH DALAM RANGKA OPTIMALISASI FUNGSI SISTEME-LEARNING DALAM PROSES BELAJAR MENGAJAR .....	1252
175. UPAYA PENINGKATAN AKTIVITAS DAN HASIL BELAJAR,DENGAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF DENGANBERBANTUAN PENILAIAN PORTOFOLIO MELALUI <i>LESSONSTUDY</i> BERMUATAN NILAI KEARIFAN LOKAL DANENTREPRENEURSHIP PADA MATA KULIAH PENGEMBANGANPRIBADI KONSELOR DI JURUSAN BK FIP UNDIKSHA .....	1261
176. Analisis Pengaruh Fosfor pada Material Besi Cor FC 250 terhadap Sifat Mekanik dan Struktur mikro .....	1271
177. PENGEMBANGAN PRAMUWISATA OLAHRAGA DALAM BISNIS PARIWISATA DI PROVINSI BALI .....	1278
178. Bantuan Belajar Bagi Mahasiswa Perguruan Tinggi Jarak Jauh: Persepsi Mahasiswa Yang Meregistrasi Matakuliah Kimia Dasar .....	1284
179. IMPLEMENTASI KEBIJAKAN SERTIFIKASI GURU.....	1289
180. KULINER TRADISIONAL KHAS BULELENG DI TENGAH ERA GLOBALISASI .....	1299
181. PEMBELAJARAN SAIN IPA SD BERPENDEKATAN KEARIFAN LOKAL BERBASIS ERGONOMI .....	1307
182. Reliabilitas Multidimensi Instrumen Kepuasan Mahasiswa Sebagai Pelanggan Internal .....	1314
183. PEMBELAJARAN <i>MULTIPLE INTELLIGENCES</i> BERVISI SETS UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR DAN MOTIVASI SISWA.....	1323
184. PETA KEBUTUHAN IPTEK INDUSTRI KERAJINAN LOGAM DI KABUPATEN BULELENG.....	1329
185. PEMANFAATAN TEPUNG UMBI-UMBIAN UNTUK SUBSTITUSI TERIGU DALAM PEMBUATAN <i>FRUIT CAKE</i> .....	1335
186. Identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi lama masa studi mahasiswa di Fakultas Bahasa dan Seni UNDIKSHA .....	1342

187. PENGEMBANGAN *PROTOTYPE* MODEL PEMBELAJARAN PERMAINAN KECIL TRADISIONAL BALI UNTUK MELATIH KOMPONEN BIOMOTORIK SISWA SEKOLAH DASAR ..... 1348
188. PEMETAAN KEMAMPUAN DOSEN MENGINSERSI PENDIDIKAN KARAKTER KE DALAM MATA KULIAH YANG DIAMPU..... 1357
189. DIVERSIFIKASI PRODUK INDUSTRI TENUNAN TRADISIONAL BALI MENUJU INDUSTRI KREATIF ..... 1362
190. Kompetensi Pedagogik Guru SDN Lulus Sertifikasi Di Kecamatan Kelapa Dua, Kabupaten Tangerang..... 1371

# REALISASI SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR BLDC MENGGUNAKAN DSP TI C2000 UNTUK PENGEMBANGAN METODE BELAJAR MENGAJAR BERBASIS APLIKASI PRAKTIS

I Nyoman Wahyu Satiawan<sup>1</sup>, I Ketut Wiryajati<sup>2</sup>, Ida Bagus Fery Citarsa<sup>3</sup>,  
Ni Made Seniari<sup>4</sup>, Sultan<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram-NTB, Indonesia  
Email : [nwahyu@yahoo.com](mailto:nwahyu@yahoo.com)

## Abstrak

Kontroler PID sudah diaplikasikan secara luas untuk mengatur berbagai proses pada industri. Demikian juga Kontroler PID sudah tercakup dalam materi pokok dari beberapa mata kuliah dasar di jurusan teknik elektro di perguruan tinggi. Saat ini kontroler PID direalisasikan secara digital menggunakan mikrokontroler (MK) atau Digital Sinyal Processing (DSP). Paper ini memaparkan implementasi kontroler PI (proporsional plus intergral) pada sistem pengaturan motor BLDC tiga fasa yang direalisasikan menggunakan DSP TI C2000 produksi Texas Instrument. Berbagai skema pengendalian sistem motor Brushless DC (BLDC) yakni sistem tanpa umpan balik (open loop), sistem pengaturan lup tertutup dengan satu umpan balik atau dengan umpan balik ganda (cascaded control system) berhasil direalisasikan. Hasil penelitian membuktikan bahwa aksi kontrol sangat tergantung dari nilai parameter kontroler dan sistem kontrol dengan umpan balik ganda mempunyai potensi untuk menghasilkan keluaran yang lebih baik walaupun proses penalaan parameter kontroler menjadi relatif lebih sulit. Secara umum hasil penelitian berhasil mentransformasikan konsep teoritis menjadi aplikasi praktis yang mana sangat bermanfaat untuk memantu proses pembelajaran khususnya yang berkenaan dengan kontroler PID dan motor BLDC.

Kata kunci: Kontroler PID, Mikrokontroler (MK), Digital Sinyal Processing (DSP), BLDC.

## Abstract

PID controller has been widely applied to in many industrial applications. As well as PID controller has been included as a main material in some subjects of lectures in electrical engineering departments in many universities. Nowadays, PID controller realized digitally using Microcontroller or DSP. This paper discusses implementation of PI controller to control the speed of BLDC motor that is realized using DSP TI C2000 from Texas Instrument. Three schemas of BLDC motor control i.e, open-loop system, closed loop system and cascaded control system have successfully realized. The results show that the control action are fully depend on the value of controller parameters and the cascaded control potentially provides the best control action, even though the tuning process is becoming relatively difficult. In general the result of this research indicates that the transformation from concept to practical application is successfully achieved. This is beneficial to help student to have a better understanding about theories related to PID controller and BLDC motor.

Keywords: PID controller, microcontroller, Digital Sinyal Processing (DSP), BLDC.

## 1. Pendahuluan

Sistem pengaturan otomatis dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu sistem pengaturan lup terbuka dan system pengaturan lup tertutup. System lup tertutup memerlukan kontroler PID untuk mengatur performasi respon keluaran. Walau teknologi kontroler PID sudah mapan tetapi konsen para peneliti untuk mengembangkandan mengimplementasikan PID pada berbagai aplikasi masih terus dilakukan. Sebagian besar penelitian didedikasikan untuk dapat merealisasikan control PID dengan biaya murah dan meningkatkan performasi system. Desain

dan analisis control PID digital menggunakan teknologi Field Programmable Gate Array (FPGA) dipresentasikan oleh (Vipul, dkk, 2012) dan (Sreenivasappa dan Udaykumar, 2010) dan menggunakan 8-bit Freescale Microcontroller (Dostalek, dkk, 2010). Selanjutnya dengan perkembangan teknologi di bidang Digital Sinyal Processing (DSP), berbagai skema kontrol yang melibatkan kontroler PID di demontrasikan menggunakan DSP produksi Texas Instrument TMS320F243 (Murphree, dkk, 2002). Prototype sistem control yang dipresentasikan pada (Murphree, dkk, 2002), diprogram menggunakan interface

LabVIEW™ dan diperuntukkan sebagai bahan pembelajaran pada mahasiswa S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Alabama. Dengan menggunakan interface LabVIEW™ mahasiswa dapat mewujudkan berbagai skema pengendalian dengan mudah tanpa harus memahami secara mendalam teknik pemrograman DSP.

Disisi lain perkembangan teknologi motor listrik juga berkembang dengan ditemukan teknologi motor DC tanpa sikat atau yang dikenal motor Brushless DC (BLDC) pada tahun 1980-an. Dalam kurun waktu empat decade, motor BLDC sudah digunakan pada berbagai aplikasi, diantaranya pada system power steering (Cai, dkk, 2010), alat bantu pesawat udara . (De, dkk, 2012), mobil listrik (Xue, dkk, 2008), dan mobil hybrid listrik (Zeraoulia, dkk, 2006).

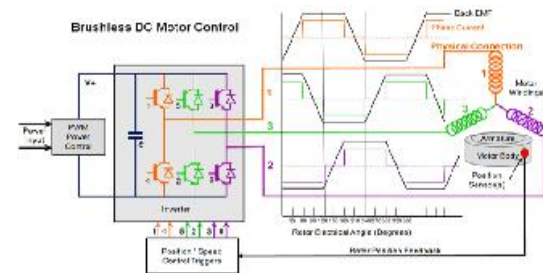
Implementasi skema kontrol pada motor BLDC juga menarik perhatian para peneliti. Analisis kontrol kecepatan motor BLDC dengan sensor dipresentsikan pada (Singh, 2012), dan (Mathew dan Sam, 2013). Pada (Singh, 2012). Dan (Mathew dan Sam, 2013), pemodelan matematika motor BLDC dan skema system kontrol lup tertutup termasuk kontroler PID diverifikasi menggunakan program MATLAB. Penerapan system kontrol bertingkat pada motor BLDC dibahas secara mendetail pada (Shayeghi, dkk, 2013). Shayeghi, dkk, memfokuskan pada teknik penalaan dari kontroler arus dan kontroler kecepatan menggunakan teknik optimasi yang disebut A Signal-to-Noise Ratio (SNR) untuk mendapatkan nilai parameter PID. Hasil simulai pada (Shayeghi, dkk, 2013), memperlihatkan perbaikan secara signifikan performasi respon dinamik dari motor yang dibuktikan dengan waktu penetapan (settling time) dan berkurangnya overshoot.

Penelusuran hasil-hasil penelitian pada bidang terkait menunjukkan bahwa realisasi sistem pengaturan otomatis secara digital yang kemudian dapat digunakan untuk membuktikan prinsip/teorisistem pengaturan dalam sebuah aplikasi praktis masih sangat kurang. Maka dari itu paper ini bertujuan merealisasikan berbagai sistem pengaturan motor BLDC yang dan mendemontrasikan pengaruh perubahan nilai parameter kontroler PI terhadap performasi respon kecepatan motor BLDC yang nantinya dapat dipergunakan sebagai alat bantu pembelajaran pada mata kuliah sistem kendali dan motor-motor listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram.

## 2. Sistem Kontrol Motor BLDC.

### 2.1 Prinsip Operasi Motor BLDC

Motor BLDC disusun dari beberapa bagian pokok seperti inverter, rangkaian pengendali (driver), motor sinkron dan rangkaian sensor untuk mendeteksi posisi rotor. Prinsip kerja motor BLDC diilustrasikan pada Gambar 1 Motor sinkron dicatu oleh inverter yang menghasilkan gelombang tegangan trapezoid. Sudut penyalan saklar-saklar inverter ditentukan berdasarkan posisi rotor yang dideteksi oleh sensor untuk menghasilkan tegangan yang dibutuhkan oleh motor. Sistem tersebut mempunyai kemiripan secara karakteristik dengan motor DC. Tetapi perbedaan mendasar adalah proses komutasi dilakukan secara elektronik menggantikan komutasi mekanik pada motor DC konvensional. Perbedaan motor BLDC dengan motor sinkron adalah motor BLDC dicatu dengan arus searah sehingga menghasilkan EMF balik berbentuk trapezoid sedangkan motor sinkron yang dicatu dengan sumber ac yang menghasilkan EMF back sinusoidal.



Gambar 1. Prinsip operasi motor BLDC

### 2.2 Skema Kontrol Motor BLDC

Efektifitas kontrol motor BLDC didasari atas persamaan torsi dan EMF balik yang serupa dengan persamaan motor DC yaitu ;

$$E = 2Nlrvw \dots \dots \dots (1)$$

$$T = \left( \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\theta} \right) - \left( \frac{1}{2} B^2 \frac{dR}{d\theta} \right) + \left( \frac{4N}{\pi} Brl\pi i \right) \dots \dots \dots (2)$$

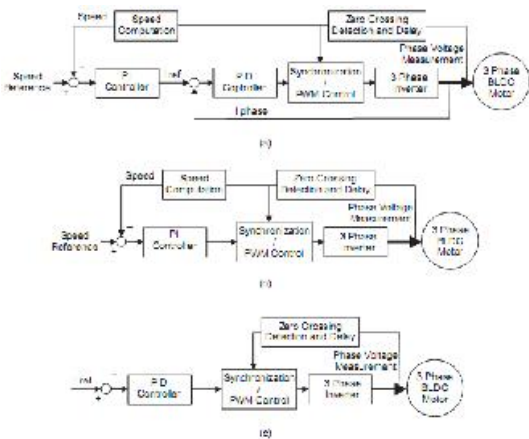
dimana N adalah jumlah lilitan per fasa, l adalah panjang rotor, r adalah radius rotor, B adalah kerapatan fluk magnetic rotor, w adalah kecepatan sudut motor, I adalah arus fase, L adalah induktansi fasa, dan q adalah posisi rotor dan R adalah resistansi fase (Texas Instrument, 2013).

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa EMF balik sebanding dengan kecepatan motor dan torsi yang dihasilkan hampir sebanding dengan arus fasenya. Dari

hubungan tersebut maka skema kontrol kecepatan motor BLDC dapat ditentukan seperti blok diagram dibawah ;

Kecepatan motor BLDC dikontrol oleh inverter dengan menggunakan prinsip operasi dua-fase on pada setiap keadaan. Dengan cara ini produksi torsi mengikuti prinsip bahwa arus mengalir hanya pada dua fase dari tiga fase yang tersedia. Sesuai dengan prinsip kerjanya, setiap saat motor BLDC hanya perlu mencatu sepasang fase yang dapat menghasilkan torsi maksimal, oleh karena itu untuk mendapatkan torsi yang optimal maka bentuk dari EMF balik adalah trapezoid.

Kecepatan motor BLDC dapat diatur melalui skema seperti pada Gambar. 2 Perbedaan mendasar dari ketiga skema control pada Gambar 2 adalah dari jumlah umpan baliknya. Skema yang pertama (Gambar a) tidak menggunakan umpan balik. Kecepatan diatur dengan merubah dutycycle dari saklar-saklar inverter. Skema kedua menggunakan satu umpan balik kecepatan dan satu kontroler PI sedangkan skema ketiga menggunakan umpan balik ganda (cascaded) yakni kecepatan dan arus dan dua kontroler PI untuk mendapatkan hasil pengaturan yang lebih baik. Ketiga skema kontrol diatas direalisasikan dengan menggunakan TMS C2000.



Gambar 2. Konfigurasi skema kontrol motor BLDC (Texas Instrument, 2013)

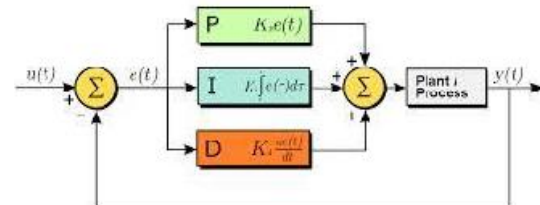
**2.3. Kontroler PID**

Kontroler PID disusun oleh tiga komponen utama yakni bagian proporsional gain, bagian integral dan bagian diferensial yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Gambar 3 memperlihatkan blok diagram kontroler PID yang disusun secara paralel. Persamaan matematika untuk kontroler PID dapat dilihat pada (3).

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i} \int_0^{\infty} e(t) dt$$

.....(3)

dimana  $m(t)$  adalah keluaran kontroler,  $e(t)$  adalah sinyal kesalahan penggerak,  $K_p$ ,  $T_d$ ,  $T_i$  adalah masing-masing konstanta proporsional, waktu turunan / diferensial dan waktu integral. (Ogata, 1991)



Gambar 3. Blok diagram system pengaturan lup tertutup dengan kontroler PID

Pada system kendali otomatis (lup tertutup) kontroler PID berperan untuk memperbaiki respon keluaran. Namun demikian respon sistem dapat diperbaiki jika nilai besaran parameter PID dtuning dengan tepat. Proses tuning parameter PID dapat dilakukan secara coba-coba (tried and error) dan secara analitik. Proses penalaan dengan metode coba-coba dilakukan dengan menggunakan kaidah-kaidah seperti dirangkum dalam Tabel 1, yang menyatakan pengaruh kenaikan nilai parameter kontroler terhadap besarnya overshoot, waktu penetapan dan kesalahan keadaan mantap (steady state error).Metode penalaan yang dilakukan secara empirik diantaranya metode Ziegler Nichols, Cohen Coen dll.

Tabel 1. Pengaruh perubahan parameter PID terhadap performasi keluaran / respon

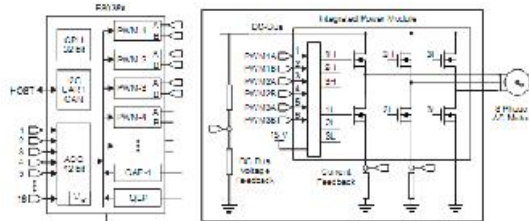
Parameter PID	Overshoot	Settling Time	Steady State Error
$K_p \uparrow$	bertambah	Pengaruh kecil	berkurang
$K_i \uparrow$	bertambah	bertambah	Hilang
$K_d \uparrow$	berkurang	berkurang	Pengaruh kecil

**2.4. Eksperimen Set-up (Realisasi Hardware dan Software)**

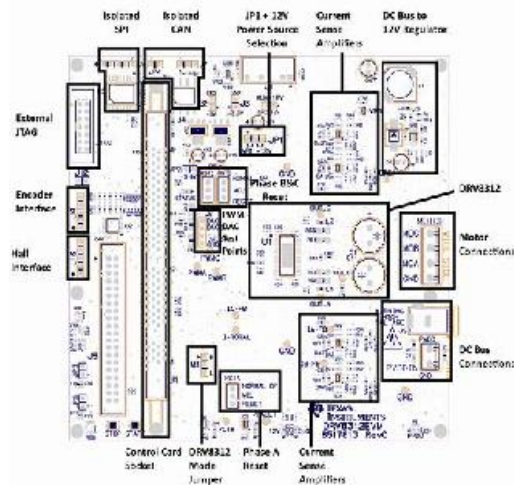
Skema control diatas direalisasikan dengan menggunakan DSP TI C2000. DSP TIC2000 digunakan karena kemampuannya untuk merealisasikan system pengaturan yang memerlukan eksekusi algoritma control yang kompleks karena didukung oleh peripheral pendukung seperti analog-to-digital (ADC), enhanced pulse wothd modulation (ePWM), Quadrature Encoder Pulse (QEP), enhanced

capture (ECAP) dan yang lainnya seperti terlihat pada Gambar 4. Sedangkan main board paket pengaturan motor BLDC diperlihatkan Gambar 5.

DSP TI C2000 menggunakan processor fixed-point 32 bit dengan kemampuan kecepatan operasi sampai dengan 150 MHz. Perangkat keras yang mendukung sistem pengaturan motor BLDC terdiri dari; control CARD TMS F28035, DRV8312 DMC board dengan slot untuk control card, sebuah BLDC motor, adaptor daya DC 24 Volt / 5A, kabel-kabel konektor. Penjelasan terperinci tentang konfigurasi dan prosedur operasi dijelaskan secara lengkap pada (Texas Instrument, 2013). Paket pengaturan motor BLDC dilengkapi dengan software pendukung yakni InstaSPIN-BLDC. Setelah perangkat keras dirakit sesuai dengan konfigurasi yang rekomendasikan, maka kemudian dilakukan proses pengisian (Flashing) file object InstaSPIN-BLDC ke dalam control card. Langkah-langkah proses pengisian selengkapnya dijelaskan pada Texas Instrument, 2013). Setelah proses pengisian tersebut berhasil dilaksanakan, maka GUI bisa dibuka (launched) dan system pengaturan motor siap dioperasikan. Rangkaian lengkap system pengaturan motor BLDC diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Peripheral pendukung DSP TI C2000



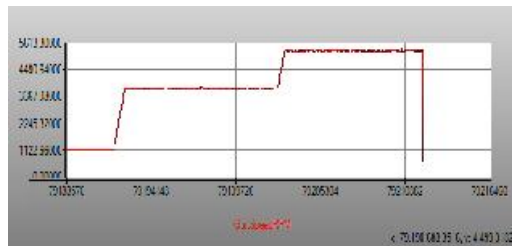
Gambar 5. Main board paket pengaturan motor BLDC DRV8312 DSP TI C2000



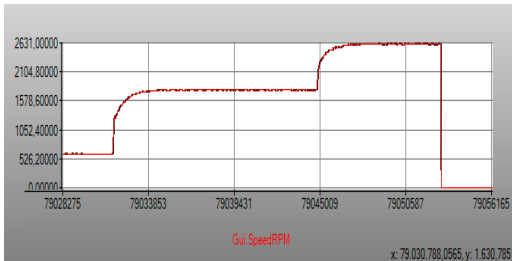
Gambar 6. Rangkaian system pengaturan motor BLDC

#### 4. Pembahasan Hasil

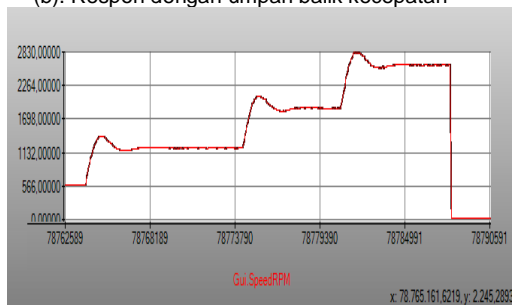
Realisasi skema pengontrolan dibangun untuk membuktikan pengaruh perubahan nilai parameter PI terhadap aksi kontrol / respon kecepatan variabel motor BLDC. Gambar 7 memperlihatkan respon kecepatan motor BLDC tanpa umpan balik (a) respon dengan umpan balik tunggal (b) dengan nilai parameter kontroler,  $K_p = 0.5$  dan  $T_i = 3$  dan respon sistem pengaturan bertingkat (cascaded control) dengan nilai parameter kontroler PI,  $K_p = 0.1$  dan  $T_i = 20$  (nilai parameter kontroler kecepatan dibuat tetap). Mencermati hasil respon kecepatan pada Gambar 7 (a-c) dapat dilihat bahwa sistem dapat mengikuti perubahan referensi kecepatan dengan baik dalam waktu yang cukup cepat. Ini menandakan sistem kontrol yang dibangun sudah berhasil direalisasikan secara digital menggunakan DSP TI C2000. Namun demikian dari ketiga skema pengendalian yang dibandingkan tersebut, sistem tanpa umpan balik memperlihatkan respon yang tajam (stiff) pada perubahan referensi kecepatan. Respon kecepatan diperbaiki pada sistem dengan umpan balik tunggal dimana perubahan kecepatan dapat dicapai dengan lebih halus (smooth), tanpa overshoot dan settling time yang lebih baik. Namun demikian pada sistem pengaturan dengan umpan balik ganda (cascaded) terlihat respon yang lebih buruk yang ditandai dengan overshoot yang cukup tinggi. Hal ini terjadi karena dengan penerapan umpan balik ganda dimana pengaturan parameter PI umpan balik arus tidak dikordinasikan dengan nilai parameter PI umpan balik kecepatan menyebabkan waktu integral teramplifikasi menjadi 20 kali lebih tinggi dari sebelumnya dan menyebabkan overshoot yang tinggi dan juga mempengaruhi settling time dan steady state error.



(a) Respon dengan sistem lup terbuka



(b). Respon dengan umpan balik kecepatan



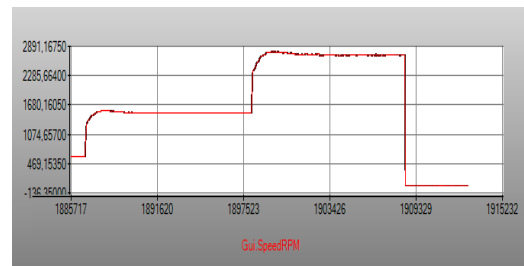
(c) Respon dengan sistem umpan balik bertingkat

Gambar 7. Performansi respon dinamis untuk tiga skema pengendalian motor BLDC dengan nilai parameter PI tertentu

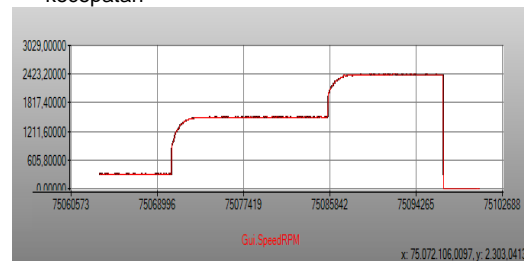
Untuk memperbaiki karakteristik respon maka nilai parameter kontroler umpan balik arus di-tuning lagi dengan menurunkan konstanta integrasi ( $K_i$ ) dari 20 menjadi 1 dan menaikkan nilai konstanta proporsional ( $K_p$ ) dari 0.1 menjadi 0.75 sedangkan nilai parameter kontroler umpan balik kecepatan dibuat tetap seperti sebelumnya ( $K_i=3$  dan  $K_p=0.5$ ). Keluaran respon kecepatan motor BLDC dengan nilai parameter tersebut ditampilkan pada Gambar 8, yang mana terlihat perbaikan yang sangat significant dimana overshoot menjadi sangat kecil dan respon semakin cepat mencapai kecepatan yang diinginkan (settling time semakin cepat).

Selanjutnya untuk lebih jauh memperlihatkan kemampuan sistem kontrol bertingkat maka nilai parameter kontroler baik untuk umpan balik arus dan umpan balik kecepatan di-tuning lagi secara simultan yakni dengan memberikan nilai  $K_i = .3$  dan  $K_p = 2$  untuk umpan balik arus dan  $K_i = 1$  dan  $K_p = 0.25$  untuk umpan balik kecepatan. Dengan memberikan nilai parameter yang baru untuk kedua umpan balik maka respon kecepatan

bahkan menjadi semakin baik dimana overshoot menjadi tidak ada dan kecepatan mencapai kondisi yang diinginkan juga meningkat seperti yang terlihat pada Gambar 8. Sesungguhnya, secara teori, keluaran sistem dengan umpan balik ganda dapat dibuat lebih baik lagi asalkan kita bisa menentukan parameter PI yang tepat. Tetapi proses tuning untuk mendapatkan nilai parameter PI yang tepat sistem kendali bertingkat jauh lebih sulit karena terdapat lebih banyak parameter yang harus di-tuning secara bersamaan dimana setiap parameter tersebut saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Proses menjadi relatif sulit karena metoda yang digunakan adalah metode *trial and error* (coba-coba) yang mana terdapat banyak kombinasi nilai dari parameter PI tersebut. Disamping itu, sistem kontrol bertingkat mempunyai kemampuan dalam mengeliminasi gangguan, tetapi hal tersebut tidak dapat diperlihatkan disini karena keterbatasan alat uji.



(a) Respon dengan  $K_i = 1$  dan  $K_p = 0.75$  untuk umpan balik arus dan  $K_i=3$  dan  $K_p=0.5$  pada umpan balik kecepatan



(b). Respon dengan  $K_i = 3$  dan  $K_p = 2$  pada umpan balik arus dan  $K_i=1$  dan  $K_p=0.25$  pada umpan balik kecepatan

Gambar 8. Pengaruh nilai parameter kontroler PI terhadap aksi pengontrolan pada sistem dengan umpan balik ganda (cascaded)

## 5. Kesimpulan

Skema sistem pengaturan motor BLDC telah berhasil direalisasikan menggunakan DSP TI C2000. Pengaruh nilai parameter PID terhadap performansi respon dinamika motor BLDC dapat diperlihatkan dengan baik dimana sistem pengaturan dengan umpan



balik ganda dapat memberikan respon yang lebih baik jika proses penalaan dapat dilakukan dengan benar. Hasil yang didapat dari penelitian ini sesuai dengan tinjauan teoritis yang disampaikan pada literatur. Hasil penelitian ini akan sangat berguna dalam membantu proses perkuliahan terutama untuk menjelaskan pengaruh skema pengendalian dan nilai parameter PID terhadap aksi pengontrolan.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Universitas Mataram dan Ditjen Dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui skema penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (BOPTN) Tahun 2014.

## 7. Daftar Pustaka

- Cai, C., Zhang, H., Liu, J., Gao, Y. (2010). Modeling and Simulation of BLDC motor in Electric Power Steering. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conf. 2010 :1 - 4.
- De, S., Rajne, M., Poosapat, S., Patel, C., Gopakumar, K. (2012). [Low inductance axial flux BLDC motor drive for more electric aircraft](#). IEE Trans. On Power Electronics, IET, vol. 5, no. 1: 124-133.
- Dostalek, P., Dolinay, J., Vasek, V., Pekar, L. (2010). Self-tuning Digital PID Controller Implemented on 8-bit Freescale Microcontroller. International Journal of Mathematicam Model and Methods Applied Sciences, issue 4., vol. 4: 274 – 280.
- Mathew, T., Sam, C.A. (2013). Modeling and Closed Loop Control of BLDC Motor Using a Single Current Sensor. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrument Engineering, vol. 2., issue 3: 2525 – 2531.
- Murphree, J., Brzezinski, B., Parker, K.Y. (2002). Using a Fixed-Point Digital Signal Processing as a PID Controller. Proceeding of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conferences and Exposition.
- Ogata, K., (1991), Teknik Kontrol Autpmatik, *Erlangga*.
- Shayeghi, H., Akbarimajd, A., Mohammadian, A., Shokri, G. (2013). Speed and Current Controllers Design of BLDC Motor Using SNR Optimation Technique. International Research Journal of Applied and Basic Science. vol. 4., issue 1: 99 –106.
- Singh, J.M. (2012). Analysis the Speed Control of BLDC Motor Drive. International Journal of Engineering Research and Applications, vol. 2, issue 3: 2868 – 2872.
- Sreenivasappa B.V, Udaykumar R.Y. (2010). Analysis and implementation of discrete time PID controllers using FPGA. International journal of electrical and computer engineering, vol. 2, no. 1: 71-82.
- Texas Instruments (2013), Trapezoidal control of BLDC motors using hall effect, *Application Report*.
- Texas Instruments (2011), DRV8312 InstaSPIN – BLDC quick start guide, *Application Report*.
- Vipul, B.P., Virendra, S., Ravi, H.A., (2012), "Design of FPGA – based all digital PID controller for dynamic system", *International journal of advances research in electrical, electronics and instrumentation engineering*, vol. 1, issue 2 pp. 64 – 70
- Xue, X.D., Chang, K.W.E., Cheung, N.C. (2008). Selection of electric motor drive for electric vehicles. Australian Universities Power Engineering Conf., (AUPEC'08): 1-6.
- Zeraoulia, M., Benbouzid, M.E.H, Pialo, D. (2006). Electric Motor Drive Selection Issues for HEV Propulsion Systems: A Comparative Study. IEEE Trans. On vehicular Technology, vol. 55, no. 6: 1756-1764.