



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN  
Lt.19 Gedung BPPT II Jalan MH Thamrin No. 8, Jakarta 10340  
Telepon : (021) 3169707 Fax : (021) 3102368  
Laman: <http://ristekdikti.go.id>

Nomor : T/140/E3/RA.00/2019 25 Februari 2019  
Lampiran : 4 (empat) berkas  
Hal : Penerima Pendanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
di Perguruan Tinggi Tahun 2019

Yth. 1. Rektor/ Direktur/Ketua Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta  
2. Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah I s/d XIV

Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Nomor 6/E/KPT/2019 tanggal 19 Februari 2019 tentang Penerima Pendanaan Penelitian di Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum Tahun 2019, Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Nomor 7/E/KPT/2019 tanggal 19 Februari 2019 tentang Penerima Pendanaan Penelitian di Perguruan Tinggi Tahun 2019, dan Keputusan Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Nomor 8/E/KPT/2019 tentang Penerima Pendanaan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2019, bersama ini kami sampaikan daftar nama penerima pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tahun 2019 sebagai berikut:

1. Penerima pendanaan penelitian di Perguruan Tinggi non PTNBH (Lampiran 1)
2. Penerima pendanaan penelitian di PTNBH (Lampiran 2)
3. Penerima pendanaan pengabdian kepada masyarakat (Lampiran 3)

Kami informasikan bahwa penerima pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tahun 2019 adalah pengusul yang proposalnya dinyatakan lolos seleksi, dan yang bersangkutan atau institusi telah memenuhi kewajiban sebagai berikut:

1. Mengunggah Laporan kemajuan tahun 2016 - 2018;
2. Mengunggah Laporan Akhir tahun 2016 - 2018;
3. Mengunggah Berkas Kelengkapan Seminar Hasil tahun 2016 - 2018;
4. Mengunggah proposal lanjutan dan disetujui oleh Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat untuk penelitian dan pengabdian kepada masyarakat *On Going*;
5. Melaksanakan seluruh tahapan seleksi sebagaimana disebutkan dalam Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Perguruan Tinggi Edisi XII untuk skema penelitian desentralisasi bagi Perguruan Tinggi kluster Mandiri, Utama, dan Madya;
6. Tidak memiliki tunggakan dokumen dan luaran wajib;
7. Tidak sedang dalam status tugas belajar baik untuk ketua maupun anggota, kecuali anggota pada skema Penelitian Institusi Pascasarjana;
8. Pendanaan penelitian diberikan dengan memperhatikan kuota berdasarkan *h-index* peneliti, kecuali untuk skema Penelitian Institusi Pascasarjana yang tidak dihitung sebagai kuota.

Apabila ada penerima pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat sebagaimana tercantum pada Lampiran ternyata tidak memenuhi salah satu dari ketentuan di atas, atau pelanggaran terhadap ketentuan Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi XII maka pendanaannya dapat ditinjau kembali.

Berkenaan dengan hal tersebut, DRPM mengucapkan selamat kepada penerima pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tahun 2019. DRPM mengucapkan terimakasih kepada pengusul yang telah berpartisipasi, bagi pengusul yang belum mendapatkan pendanaan tahun ini, dapat mengusulkan proposal penelitian dan pengabdian kepada masyarakat untuk pendanaan tahun 2020. Selanjutnya, kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk menyampaikan informasi di atas kepada nama-nama yang tercantum pada Lampiran di Perguruan Tinggi masing-masing.

Perlu kami sampaikan bahwa mekanisme penyaluran dana akan dilakukan melalui kontrak. Berkaitan dengan hal ini, perlu kami sampaikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Untuk penelitian, mulai tahun ini akan diterapkan kontrak tahun tunggal dan kontrak tahun jamak. Kontrak tahun tunggal digunakan untuk kontrak penelitian yang pendanaannya hanya 1 (satu) tahun, adapun kontrak tahun jamak digunakan untuk kontrak penelitian yang pendanaannya lebih dari 1 (satu) tahun.
2. Kontrak dilakukan secara berjenjang. Untuk Perguruan Tinggi Negeri (PTN), kontrak dilakukan antara DRPM dengan Ketua LP/LPPM/LPM/Direktur Politeknik, adapun untuk Perguruan Tinggi Swasta kontrak dilakukan melalui Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDIKTI) masing-masing wilayah.
3. Untuk Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum (PTNBH) informasi lebih lanjut mengenai Kontrak Penelitian akan diberitahukan lebih lanjut melalui LP/LPPM masing-masing, sedangkan untuk Kontrak Pengabdian kepada Masyarakat akan dilakukan bersamaan waktunya dengan PTN dan LLDIKTI.
4. Pencairan dana penelitian dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu secara sekaligus dan secara bertahap, adapun pencairan dana pengabdian kepada masyarakat dilakukan secara bertahap.
5. Para penerima pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat akan diminta untuk mengunggah perbaikan proposal dan RAB sesuai dengan dana yang diterima. Informasi lebih rinci terkait pengunggahan perbaikan proposal akan disampaikan kemudian.
6. Hal-hal lain yang terkait dengan penandatanganan kontrak, pencairan dana, dan pelaksanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat akan diinformasikan lebih lanjut melalui laman: <http://simlibtamas.ristekdikti.go.id>.

Berkaitan dengan data yang diperlukan untuk penandatanganan kontrak, bersama ini kami kirimkan Daftar Isian (Lampiran 4). Kami mohon Daftar Isian tersebut dapat diisi dan segera dikirim melalui email ke alamat [terapanriset@gmail.com](mailto:terapanriset@gmail.com) (untuk Penelitian, subjek: Data Kontrak Penelitian), dan [ppm.dp2m@ristekdikti.go.id](mailto:ppm.dp2m@ristekdikti.go.id) (untuk Pengabdian kepada Masyarakat, subjek: Data Kontrak Pengabdian) paling lambat tanggal 1 Maret 2019. Untuk PTS tidak perlu mengirimkan daftar isian karena Kontrak akan dilakukan dengan LLDIKTI Wilayah masing – masing.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat,

Ttd

**Ocky Karna Radjasa**

NIP. 196510291990031001

Tembusan :

1. Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan (sebagai laporan)
2. Ketua LPM/LPPM/UPPM Perguruan Tinggi
3. Sekretaris Pelaksana LLDIKTI Wilayah I s/d XIV

NO	PTN/LL DIKTI	NAMA INSTITUSI	SKEMA	NIDN	NAMA	JUDUL	DURASI PENELITIAN (THN)
				0031075501	ERNAWATI SINAGA	Potensi buah karamunting ( <i>Rhodomirtus tomentosa</i> ) sebagai nutrasetikal untuk mencegah dan membantu pengobatan penyakit jantung dan pembuluh darah (kardiovaskuler)	2
						Potensi medisinal ikan bujok ( <i>Channa lucius</i> ) sebagai bahan baku produk nutrasetikal untuk membantu penyembuhan luka diabetes	2
				0304107503	FAUZIAH	MODEL BARU SISTEM MANAJEMEN PEMBELAJARAN HIBRID PADA STANDAR PENDIDIKAN TINGGI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0	2
				0330067201	DWI KARTIKAWATI	Strategi Komunikasi Dalam Penanaman Nilai-Nilai Multikultural Pada Sekolah Dasar (SD) Inklusi Bandung, Solo dan Yogyakarta	1
				0331125902	AF SIGIT ROCHADI	Peran Serikat Pekerja Dalam Membina Hubungan Industrial Pancasila Antara Pekerja, Perusahaan dan Pemerintah di Kawasan Industri Karawang Timur	2
		Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi		0028045702	KISROH DWIYONO	REKAYASABERAS ANALOG DARI BAHAN BAKU ILES-ILES ( <i>Amorphophallus muelleri</i> ), TEPUNG MOCAF ( <i>Manihot utilisima</i> ), DAN KEDELAI ( <i>Glycine max</i> ) MENGGUNAKAN METODE NANOTEKNOLOGI DAN EKSTRUDER	2
				0303058104	SAHRUDDIN	IDENTIFIKASI POTENSI CSO (CIVIL SOCIETY ORGANIZATION) DAN PERANNYA DALAM PROSES PERENCANAAN PEMBANGUNAN PARTISIPATIF DI DAERAH	1
				0307056004	ETTY HESTHIATI	PENATAAN RUANG TERBUKA HIJAU DI WILAYAH DKI BERBASIS PELESTARIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI TANAMAN BUAH LANGKA DAN SPESIFIK LOKASI	1
				0316015701	DIANA FAWZIA ARIFIN S	DINAMIKA POLITIK LOKAL PERDESAAN DALAM PROSES PEMBENTUKAN PERATURAN DESA (Penelitian Aksi Partisipatif pada Program Pembangunan Sarana Air Bersih Di Desa Cibadak, Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat)	1
				0316117601	NOVI AZMAN	TELEMONITORING KESEHATAN PENDERITA INSOMNIA KRONIS DI KOTA BESAR	1
				0328116302	NOVERITA	BIODIVERSITAS DAN PROSPEK PENGEMBANGAN EKONOMI MAKROFUNGSI SUMATRA	1
		Universitas Pancasila	Penelitian Disertasi Doktor	0322026801	SYAMSUDDIN	Pemanfaatan Rumput Laut jenis <i>Sargassum</i> sp dari Perairan Indonesia sebagai sumber <i>Fucooidan</i> untuk Penyakit Jantung Koroner	2
				0327085401	SURATNO	RANCANG BANGUN MODEL PENGELOLAAN SUMBER DAYA MANUSIA DENGAN PENERAPAN PRINSIP-PRINSIP GOOD UNIVERSITY GOVERNANCE PADA PERGURUAN TINGGI SWASTA DI LINGKUNGAN LEMBAGA LAYANAN DIKTI III	1
				0327115402	SHIRLY KUMALA	Pemanfaatan Kapang <i>Aspergillus niger</i> sebagai Biokatalis untuk Transformasi Minyak Atsiri ( <i>Cymbopogon nardus</i> (L) Rendle) yang Berpotensi sebagai Bahan Baku Kosmetika dan Aktivitas Antiacne	2
			Penelitian Tesis Magister	0301096901	DWI RAHMALINA	Model Concentrated Solar Power melalui Teknologi T-Bat berbasis Thermochemical sebagai Penyimpan Energi Termal	1
				0312017603	DEDE LIA ZARIATIN	Pengembangan Impeler dengan Variasi Sudut Blade pada Pembangkit Listrik Mikrohidro Pompa sebagai Turbin (Pst)	1
				0324027901	NURITA ANDAYANI	Pengaruh Strategi Pemasaran terhadap Keputusan Pembelian Pada Produk Immunomodulator dan Madu Dengan Menggunakan Model Persamaan Struktural (Structural Equation Modeling)	1
			Penelitian Dasar	0301106303	JONBI	Efek Jangka Panjang Penggunaan Nano Silika Terhadap Sifat Mekanik dan Durabilitas Beton	1

NO	PTN/LL DIKTI	NAMA INSTITUSI	SKEMA	NIDN	NAMA	JUDUL	DURASI PENELITIAN (THN)
			Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi	0303106102	BAYU RETNO WIDYASTUTI	MENDORONG PEMBELIAN HIJAU MASYARAKAT MELALUI PERILAKU YANG DIBENTUK DARI NORMA, KEYAKINAN DAN KESADARAN (Encouraging Green Purchase Community Through Behavior that Formed by Norm, Belief and Awareness)	1
				0318066801	DIAN RATIH L	POTENSI DAN MEKANISME KERJA TEPUNG PORANG (Amorphophallus muelleri Blume) DAN DAUN KELOR (Moringa oleifera Lam.) SEBAGAI SUPLEMEN ANTIDIABETES	2
				0327117502	NOVI YANTIH	Pengaruh Jus Buah Nanas sebagai Nutrasetikal Hepatoprotektor terhadap Metabolisme Isoniazid pada Sukarelawan Sehat dan Kadar Enzim Transaminase pada Pasien Tuberkulosis	2
				0327127804	DENI RAHMAT	PENGGUNAAN INULIN SEBAGAI NOVEL NANOMATERIAL ALAM UNTUK SISTEM PENGHANTARAN KURKUMIN DAN FORMULASI SEDIAAN FARMASINYA	1
			Penelitian Terapan	0312017603	DEDE LIA ZARIATIN	PENINGKATAN EFISIENSI INSTALASI PEMBANGKIT TURBIN UAP YANG MEMANFAATKAN ENERGI PANAS TERBUANG DARI PROSES PIROLISIS	3
				0325046201	SRI WIDYASTUTI	Keterlibatan Industri Pariwisata Halal yang Mendorong Ekonomi Hijau Untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa (The Involvement of Halal Tourism Industry that Encourages of the Green Economy to Improving the Nation Competitiveness)	2
				0329116501	ESTI MUMPUNI	SINTESIS SENYAWA EHP DENGAN BAHAN BAKU FOOD GRADE DAN PENERAPAN SENYAWA EHP SEBAGAI BAHAN AKTIF PADA PRODUK GEL ANTIJERAWAT	2
			Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	0301096901	DWI RAHMALINA	Optimasi Performa Tribologi dan Termomekanis pada Komposit Aluminium Hibrid Berpenguat Keramik untuk Aplikasi Komponen Otomotif	2
				0301106303	JONBI	Pengembangan NanoGrout dan NanoHardener untuk Menciptakan Entrepreneur Material Maju	1
				0316127601	PRIMA JIWA OSLY	MODEL PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN UNTUK PENGEMBANGAN KAWASAN PERTANIAN INDONESIA TIMUR	2
				0319028301	AGRI SUWANDI	Optimasi Alat Bantu Penangkapan Ikan (Fishing Deck Machinery) Ramah Lingkungan untuk Kapal ≤ 10 GT dalam Meningkatkan Efektifitas Operasi Penangkapan Ikan	1
			World Class Research	0327127804	DENI RAHMAT	Pengembangan Ekstrak Rimpang Temulawak berbasis Hidrofilisasi Etil Selulosa sebagai Nanomaterial untuk Modifikasi Pelepasan Zat Aktif Herbal	3
		Universitas Paramadina	Penelitian Dasar	0308106801	PRIMA NAOMI	LITERASI KEUANGAN, SOSIALISASI KEUANGAN OLEH ORANG TUA, SIKAP TERHADAP UANG, DAN NARSISME PADA GENERASI MILENIAL DI INDONESIA	1
			Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi	0327086701	A LUTHFI ASSYAUKANIE	Agama sebagai Instrumen Politik: Studi tentang Pilpres dan Pilkada di Indonesia 2010-2020	2
		Universitas Pelita Harapan	Penelitian Tesis Magister	0326067304	AGUS BUDIANTO	KEWAJIBAN NOTARIS MEMBUKTIKAN KEBENARAN DOKUMEN PENGHADAP	1
			Penelitian Dasar	0302115202	HARIANTO HARDJA SAPUTRA	Teknologi Beton Struktural berbasis 100% Fly Ash-Beton Geopolimer	2
			Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi	0316037206	DAVID HABSARA HAREVA	PENGEMBANGAN TEKNIK PEREKAMAN VIDEO PADA OPERASI KATARAK TIPE PHACOEMULSIFICATION UNTUK REKONSTRUKSI DAN REFLEKSI PASKA KEGIATAN	1



# UNIVERSITAS PANCASILA

## LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

kampus : Srangeng Sawah, Jagakarsa, Jakarta 12640

Telp. (021) 78680305, 7874344, 7864721, 98880038, Faks. (021) 7271868

www.univpancasila.ac.id, email : lemit@univpancasila.ac.id

Yayasan : 727.2010, FE.: 727.9830, FP: 786.4727, FH: 727.3443, FT.: 786.4730, DI: 7.786.4730

Fak Psikologi: 787.1325, F.Kem: 787.0451, Fak Paralela: 988.84038, MM.3143966, Maksi: 727.0066

MH: 391.9013, MTM: 319.26047, MIF: 786.4727, Program Doktor Ilmu Ekonomi : 390.4271

**SURAT PERJANJIAN/KONTRAK PENUGASAN DALAM RANGKA  
PELAKSANAAN PROGRAM PENELITIAN  
TAHUN ANGGARAN 2019  
Nomor: 2926/LPPM/UP/V/2019**

Pada hari ini **Senin** tanggal **Dua Puluh Tujuh** bulan **Mei** tahun **Dua Ribu Sembilan Belas**, yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Nama : **Dra. Hj. Dewi Triahayu, M.M.**  
NIDN : **0330046201**  
Jabatan : **Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat**

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama **LPPM Universitas Pancasila**, selanjutnya dalam dokumen ini disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**,

2. Nama : **Dwi Rahmalina**  
NIDN : **0301096901**

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama **Dosen Peneliti**, yang selanjutnya dalam dokumen ini disebut sebagai **PIHAK KEDUA**.

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian dengan ketentuan dan syarat-syarat diatur dalam Pasal-Pasal berikut :

### **Pasal 1**

Perjanjian penugasan ini berdasarkan kepada :

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2003, tentang Keuangan Negara.
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional.
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2004, tentang Perbendaharaan Negara.
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2004, tentang Pemeriksaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara.
5. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi
6. Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2015 tentang bentuk dan Mekanisme Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;
7. Peraturan Presiden Nomor 13 Tahun 2015 tentang Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
8. Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan barang dan Jasa Pemerintah;
9. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 139/PMK.02/2015 tentang Tata Cara Penyediaan Pencairan, dan Pertanggungjawaban Pemberian Bantuan Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;

10. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 32/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Masukan Tahun 2019;
11. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 60/PMK.02/2018 tentang Persetujuan Kontrak tahun Jamak oleh Menteri Keuangan;
12. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 69/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Keluaran Tahun 2019;
13. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.
14. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 Tahun 2016, tentang Tata Cara Pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer Penelitian
15. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2018, tentang Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri;
16. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2018, tentang Penelitian;
17. Peraturan Direktur Jenderal Perbendaharaan Kementerian Keuangan Republik Indonesia Nomor 15/PB/2017 tentang Petunjuk Pelaksanaan Pembayaran Anggaran Penelitian Berbasis Standar Biaya Keluaran Sub Keluaran Penelitian;
18. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 209/M/KPT/2018 tentang Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi XII;

### **Pasal 2**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penugasan Penelitian Tesis Magister Tahun 2019 dengan judul **"Model Concentrated Solar Power melalui Teknologi T-Bat berbasis Thermochemical sebagai Penyimpan Energi Termal"**.
- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggung jawab penuh atas pelaksanaan, administrasi dan keuangan atas pekerjaan/kegiatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan berkewajiban menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya.
- (3) Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah III Jakarta berdasarkan Keputusan Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor : 01/E1/KPT/2019 tanggal 2 Januari 2019

### **Pasal 3**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberikan pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 sebesar **Rp. 60.000.000,-** (enam puluh juta rupiah) yang dibebankan kepada Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah III Jakarta berdasarkan Keputusan Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor : 01/E1/KPT/2019 tanggal 2 Januari 2019
- (2) Pendanaan Pelaksanaan Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** sekaligus sebesar 100%, sesuai ketentuan Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Dirjen Riset dan Pengembangan

Kemristekdikti. **PIHAK KEDUA** mengunggah ke laman **SIM-LITABMAS** selambat-lambatnya tanggal **10 September 2019** dokumen di bawah ini:

1. Catatan harian pelaksanaan penelitian
  2. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
  3. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan.
- (3) Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran tahap kedua dengan melampirkan Daftar luaran penelitian yang sudah di validasi oleh reviewer yang ditugaskan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (4) **PIHAK KEDUA** bertanggung jawab mutlak dalam pembelanjaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui dan berkewajiban untuk menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (5) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke Kas Negara melalui rekening **BNI 46 KCP BKN Rekening No. 0880880853** atas nama **BPG 088 Lembaga Layanan Pendidikan WILAYAH III JAKARTA 401228** disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana dan bukti setoran bank
- (6) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyampaikan salinan lembar keempat bukti pengembalian Dana ke Kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempat kepada **PIHAK PERTAMA**.

#### **Pasal 4**

- (1) Dana Hibah Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat 1 dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening yang diajukan dan atas nama **PIHAK KEDUA**.
- (2) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam mengisi nama bank, nomor rekening, alamat dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

#### **Pasal 5**

- (1) Penilaian kemajuan pelaksanaan hibah penelitian dilakukan oleh **PIHAK PERTAMA** melalui Tim Reviewer Universitas, setelah Ketua Pelaksana mengunggah laporan kemajuan pelaksanaan kegiatan ke **SIM-LITABMAS**, dengan berpedoman kepada prinsip-prinsip dan/atau kaidah Program Penelitian.
- (2) Perubahan terhadap susunan Tim Pelaksana dan substansi pelaksanaan hibah penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, melalui Kepala LPPM Universitas Pancasila.

#### **Pasal 6**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengupayakan pelaksanaan Penelitian untuk memperoleh paten dan/atau publikasi ilmiah untuk setiap judul Proposal Penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1).

- (2) Perolehan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan tri dharma perguruan tinggi;
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan paten dan/atau publikasi ilmiah seperti yang dimaksud pada ayat (1) secara berkala kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi pada setiap akhir Tahun Anggaran berjalan dan tembusannya dikirim kepada **PIHAK PERTAMA**.

#### **Pasal 7**

- (1) **PIHAK KEDUA** harus menyampaikan Surat Pernyataan telah menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada laman (website) SIMLITABMAS :
  - a) Catatan harian dan laporan komprehensif pelaksanaan Penelitian, pada tanggal **12 November 2019**.
  - b) Laporan akhir, capaian hasil, poster, artikel ilmiah dan profile, pada tanggal **12 November 2019 (bagi penelitian tahun terakhir)**
- (2) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Hibah Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan/atau terlambat mengirim laporan Kemajuan dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi denda sebesar 1 %o (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen), terhitung dari tanggal jatuh tempo sebagaimana tersebut pada ayat (1),(2) dan (3), yang terdapat dalam Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian bagi Dosen Perguruan Tinggi Swasta Tahun Anggaran 2017, dan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (3) Peneliti/Pelaksana Penelitian yang tidak hadir dalam kegiatan Monitoring dan Evaluasi serta Seminar Hasil Penelitian tanpa pemberitahuan sebelumnya ke Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat melalui LPPM-UP, maka Pelaksanaan Penelitian tidak berhak menerima sisa dana penugasan tahap kedua sebesar 30%. **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penugasan 30% yang telah diterima ke Kas Negara melalui rekening **BNI 46 KCP BKN Rekening No. 0880880853** atas nama **BPG 088 Lembaga Layanan Pendidikan WILAYAH III JAKARTA 401228** disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyampaikan salinan lembar keempat bukti pengembalian Dana ke Kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempat kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (5) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima harus ditorkan kembali ke kas Negara.

#### **Pasal 8**

- (1) Hardcopy Laporan hasil dan Laporan Keuangan Hibah Penelitian sebagaimana tersebut dalam pasal 7 ayat (1) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :



1. Bentuk/ukuran kertas A4;Font Times New Roman ukuran 12 spasi 1.5.
2. Warna cover Biru Benhur/Biru Universitas Pancasila;
3. Di bawah bagian kulit ditulis:

**Dibiayai oleh**

**Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah III  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2019  
Nomor: 7/AKM/MONOPNT/2019, Tanggal 27 Maret 2019**

- (2) *Softcopy* laporan hasil Hibah Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus diunggah oleh **PIHAK KEDUA** ke laman (*website*) dan SIM-LITABMAS sedangkan *Hardcopy* Laporan Hasil dan Laporan Keuangan disertai fotocopy bukti pengeluaran wajib diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** (*hardcopy* sebanyak 1 (satu) eksemplar dan *softcopy* 1(satu) CD.

**Pasal 9**

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** berhenti dari jabatannya, sebelum kontrak penelitian ini selesai, maka **PIHAK KEDUA** wajib menyerah/termakan tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya, dibuktikan dengan adanya Berita Acara Serah Terima (BAST) yang bertandatangan oleh kedua belah pihak.
- (2) Apabila setiap ketua pelaksana penelitian di perguruan tinggi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (1) tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk pengganti ketua pelaksana penelitian yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.
- (3) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 maka harus mengembalikan dana yang telah diterimanya ke Kas Negara melalui rekening **BNI 46 KCP BKN Rekening No. 0880880853** atas nama **BPG 088 Lembaga Layanan Pendidikan WILAYAH III JAKARTA 401228** disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.
- (4) Apabila dikemudian hari terbukti bahwa judul-judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 dijumpai adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau diperoleh indikasi ketidakjujuran/tidak kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan Penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib melaporkan ke **PIHAK PERTAMA** dan mengembalikan dana Penelitian yang telah diterima ke Kas Negara melalui rekening **BNI 46 KCP BKN Rekening No. 0880880853** atas nama **BPG 088 Lembaga Layanan Pendidikan WILAYAH III JAKARTA 401228** disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.

#### Pasal 10

**PIHAK KEDUA** berkewajiban menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa:

- (1) pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
- (2) pajak—pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

#### Pasal 11

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan Penelitian tersebut diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
- (2) Setiap publikasi, makalah dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan **PIHAK PERTAMA** sebagai pemberi dana.
- (3) Hasil Penelitian berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara yang dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Surat Keterangan Hibah.
- (4) Apabila terdapat hal-hal lain yang belum diatur dalam kontrak Penelitian ini dan memerlukan pengaturan, maka akan diatur kemudian oleh **PARA PIHAK** pihak melalui amandemen Kontrak Penelitian ini dan/atau melalui pembuatan perjanjian tersendiri yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Kontrak Penelitian ini.

#### Pasal 12

- (1) **PARA PIHAK** dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam kontrak Penelitian disebabkan atau diakibatkan oleh peristiwa atau kejadian diluar kekuasaan **PARA PIHAK** yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (*force majeure*).
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (*force majeure*) dalam Kontrak Penelitian ini adalah bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan Kontrak Penelitian ini.
- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (*force majeure*) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan memaksa (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak yang berwajib, dan **PARA PIHAK** dengan itikad baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

#### Pasal 13

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian

dilakukan melalui proses Hukum yang berlaku dengan memilih domisili Hukum di Pengadilan DKI Jakarta.

(2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

#### Pasal 14

Surat Perjanjian Kontrak Penelitian Pelaksanaan ini dibuat rangkap 2 (dua) bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya materai dibebankan kepada PIHAK KEDUA.

**PIHAK PERTAMA**

Kepala LPPM



Dra. Hj. Dwi Trirahayu, M.M.

NIDN. 0330046201

**PIHAK KEDUA**

Dosen Peneliti



Dwi Rahmalina

NIDN. 0301096901

Mengetahui,

Rektor



Prof. Dr. Wahono Sumaryono, Apt

NIDN. 0321015401

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Budhi Muliawan Suyitno, MT

NPD. 491441002

**Kode>Nama Rumpun Ilmu : 431/Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)  
Bidang Fokus : Energi dan Energi Terbarukan**

**LAPORAN AKHIR (100%)  
PENELITIAN TESIS MAGISTER**



**MODEL CONCENTRATED SOLAR POWER MELALUI TEKNOLOGI  
T-BAT BERBASIS THERMOCHEMICAL SEBAGAI PENYIMPAN  
ENERGI TERMAL**

**TIM PENGUSUL**

**Ketua : Dr. Ir. Dwi Rahmalina, M.T. (NIDN: 0301096901)  
Anggota : Dr. Agri Suwandhi, DT, MT.(NIDN: 0319028301)  
Reza Abdu Rahman (NPM : 5317221037)  
Teguh Prasetyo (NPM : 5317221031)**

**UNIVERSITAS PANCASILA**

**NOVEMBER 2019**

Handwritten notes in the left margin, possibly a list or index of items.

Main body of handwritten text, organized into several paragraphs or sections.



## RINGKASAN

Peningkatan kemampuan kerja T-Bat dalam melepas dan menyerap hidrogen dilakukan dengan mencampur magnesium sebagai material utama sistem dan nikel sebagai katalis reaksi. Penambahan nikel memberikan efek yang positif pada magnesium dalam pembentukan hidrida. Sistem dengan magnesium murni mulai menyerap hidrogen sebesar 0,006 wt% pada tekanan 5 MPA dan suhu 673,15 K sedangkan dengan penambahan nikel sebesar 14% sistem mampu menyerap hidrogen sebesar 0,053 wt% pada suhu kerja 450,15 K dengan tekanan 4,95 MPa.

Penambahan nikel sebesar 14, 15 dan 16 % pada sistem memberikan efek yang berbeda. Semakin besar proporsi nikel membuat reaksi yang terjadi semakin cepat, baik untuk menyerap maupun melepas hidrogen. Proses pencampuran dilakukan melalui proses milling. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ukuran butir memberikan pengaruh terhadap karakteristik penyerapan.

Proses milling dilakukan dengan dua parameter berbeda yakni ball to powder ratio 2:1 dan 3:1 serta lama proses milling 3 dan 5 jam. Mengacu kepada hasil persebaran distribusi partikel, hasil milling terbaik ditujukan pada sampel yang di milling selama 5 jam, dan berdasarkan ball to powder ratio 3:1. Hasil berbeda menunjukkan untuk karakteristik penyerapan hidrogen di mana karakteristik penyerapan hidrogen terbaik ditujukan untuk sampel yang menggunakan ball to powder ratio 2:1 dengan milling time 5 jam.

Proporsi nikel dalam sistem serta proses pepaduan memberikan pengaruh tersendiri terhadap kemampuan sistem. Pengamatan microscopic untuk hasil milling dengan BPR 2:1 dan 3:1 memberikan gambaran bahwa proses penyerapan lebih dipengaruhi kepada distribusi ukuran partikel yang lebih merata dibandingkan hanya focus terhadap penurunan ukuran butir. Proporsi nikel yang lebih besar juga memberikan efek terhadap hasil milling dikarenakan perbedaan tingkat kekerasan nikel dan magnesium. Sampel 10 dengan proporsi Mg:Ni sebesar 84:16 dan parameter milling ball to powder ratio 2:1 dengan lama proses milling 5 jam menunjukkan hasil yang paling ideal dibandingkan dengan seluruh sampel.

Kata Kunci : *Thermal Battery*, Material Penyimpan Energi, Magnesium Hydride, Hidrogenasi/Dehidrogenasi

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
RINGKASAN	
DAFTAR ISI .....	3
1. PENDAHULUAN .....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	8
4. METODE PENELITIAN .....	9
5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI .....	12
6. KESIMPULAN DAN SARAN .....	25
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
Artikel Ilmiah	

## BAB 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Potensi EBT di Indonesia secara khusus dapat difokuskan pada pemanfaatan energi matahari [1]. Potensi energi matahari cukup baik mengingat di Indonesia berada di garis khatulistiwa, dengan tingkat perubahan musim sangat rendah serta rata-rata radiasi energi matahari yang tinggi ( $4,8\text{kWh/m}^2$ ) [1,2].

Pemanfaatan energi matahari melalui Sistem *Concentrated Solar Power* (CSP) dengan *Thermal Energy Storage* (TES) telah dipelajari secara intensif beberapa tahun ke belakang [3-5]. Sistem CSP berbeda dengan *photovoltaic* (PV). PV merubah energi matahari secara langsung menjadi listrik sedangkan pada CSP energi listrik diperoleh melalui sistem termodinamik dengan memanfaatkan panas matahari. Sistem CSP dibandingkan PV lebih unggul karena listrik pada PV hanya bisa diproduksi saat matahari bersinar sedangkan pada CSP listrik tetap bisa diproduksi meskipun matahari tidak bersinar karena sistem ini menggunakan *thermal energy storage* (TES) yang memungkinkan sistem termodinamik bekerja saat matahari tidak bersinar. Kelebihan lain sistem CSP dengan TES adalah kerja sistem yang dapat dibolak-balik (*reversibility*), distribusi energi yang lebih tinggi serta sistem penyimpanan energi yang murah [4].

Sistem CSP dengan TES terdiri dari unit kolektor panas, penyimpan panas dan blok produksi listrik. Salah satu poin terpenting dalam sistem CSP adalah *thermal battery* (T-Bat). T-Bat memegang peranan penting karena bagian ini digunakan untuk menyimpan energi panas matahari sebagai energi input untuk membangkitkan listrik dari sistem [5-6]. Kapasitas dan efisiensi T-Bat menjadi salah satu penentu efektifitas CSP. Penyimpanan panas dalam T-Bat dilakukan dengan memanfaatkan perubahan energi pada material T-Bat. Terdapat tiga kategori model T-BAT yakni *sensible heat*, *latent-heat* dan *thermochemical* [6].

Penyimpanan panas berbasis *thermochemical* (TCS) memiliki beberapa keuntungan yakni kerapatan energi yang lebih tinggi serta penyimpanan yang lebih lama dengan minimum kerugian energi [6]. Pengembangan TCS masih diperlukan lebih lanjut terutama untuk desain sistem dan material yang digunakan. Pengembangan TCS pada akhirnya akan banyak memberikan pengaruh terhadap sistem CSP karena penerapan teknologi TCS akan meningkatkan efisiensi sistem CSP [7].



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### **Sistem *Concentrated Solar Power* (Overview)**

Secara umum, teknologi panas matahari menggunakan prinsip pemfokusan radiasi matahari untuk menghasilkan uap atau udara panas, yang selanjutnya bisa digunakan untuk siklus termodinamika sebagai penghasil listrik. Berdasarkan cara untuk mengkonsentrasikan panas matahari, terdapat beberapa model dari sistem CSP, model *Parabolic Through*, *Central Receiver*, *Linear Fresnel Reflector* dan *Parabolic Dish* [5]. Model *Parabolic Dish* memiliki penerapan suhu tinggi, sangat berpotensi digunakan untuk tenaga matahari penghasil uap. Model ini juga cocok untuk diterapkan pada skala kecil dan sebagai pengganti Diesel Generator untuk daerah yang susah dijangkau oleh jaringan listrik. Efisiensi termal model ini mencapai 23%.

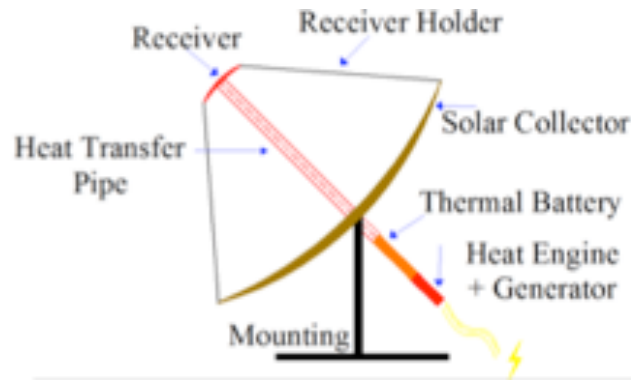


**Gambar 1.** Model *Parabolic Dish Concentrated Solar Power*

### **Kolektor Panas**

Energi matahari memiliki kerapatan energi yang rendah, sehingga diperlukan suatu modifikasi untuk menghasilkan energi yang dapat digunakan secara efektif. Pada sistem *Concentrated Solar Power* (CSP), kolektor pengkonsentrasi energi matahari (kolektor panas) digunakan untuk menghasilkan temperatur tinggi untuk unit daya [6].

Unit Rakitan Kolektor Panas menggunakan sistem otomasi posisi untuk menyesuaikan terhadap posisi matahari. Unit ini terdiri dari struktur atau rangka, kaca, penerima panas (receiver), bagian kolektor, sistem *tracking*, fluida transfer kalor dan alat penukar kalor.



**Gambar 2.** Gambar Skematik Konstruksi CSP model Parabola

### **Blok Produksi Listrik**

Bagian ini yang merubah panas matahari menjadi energi listrik. Mesin yang digunakan menerapkan siklus termodinamik (biasanya turbin uap dan atau mesin stirling). Besarnya kapasitas produksi disesuaikan dengan berbagai faktor, seperti kemampuan kolektor panas dalam menghasilkan panas, efektifitas alat penukar kalor dan kemampuan penyimpanan panas. Diperlukan perhitungan matematis yang detail dan juga kemampuan untuk memperkirakan musim karena hal ini berkaitan erat dengan efisiensi ekonomis dari blok ini.

### **Unit Penyimpanan Panas (*Thermal Energy Storage–TES*)**

Pada prinsipnya, sistem CSP bisa saja beroperasi tanpa unit penyimpanan panas. Namun, tanpa adanya unit penyimpanan panas, sistem hanya bisa memproduksi listrik hanya ketika matahari bersinar. Pancaran matahari sifatnya fluktuatif, bergantung dengan musim, sehingga tanpa ada penyimpanan maka efektifitas sistem CSP sangat rendah.

*Thermal Energy Storage* (TES) merupakan salah satu kelebihan utama dari sistem CSP. CSP dengan TES memiliki efektifitas yang lebih baik dibandingkan dengan Photovoltaic dengan Baterai Listrik. TES secara ekonomis jauh lebih murah dibandingkan dengan baterai listrik dan di sisilain, pengembangan TES jauh lebih mudah dan ekonomis dibandingkan pengembangan baterai serta model ini lebih ramah lingkungan. Listrik dari sistem CSP dengan TES dua kali lipat lebih berharga dibandingkan listrik dari PV [7].

Karakteristik sistem penyimpanan energi dapat dideskripsikan berdasarkan pertimbangan kapasitas, daya, efisiensi, lama penyimpanan, lama siklus (charge dan discharge) serta pertimbangan harga. Penyimpanan panas dalam TES dilakukan dengan

memanfaatkan perubahan energi pada material T-Bat. Terdapat tiga model utama metode penyimpanan panas di TES yakni *sensible*, *latent* dan *Thermochemical*.

Masing-masing model kerja TES memiliki keuntungan dan kelemahan tersendiri. Table 1 menunjukkan indikator beberapa model kerja TES dinilai berdasarkan kapasitas, biaya, efisiensi dan lama penyimpanan.

**Tabel 1. Parameter Khusus dari TES [6]**

TES System	Capacity (kWh/t)	Power (MW)	Efficiency (%)	Storage Period	Cost (€/kWh)
Sensible (hot water)	10-50	0.001-10.0	50-90	days/months	0.1-10
Phase-change material (PCM)	50-150	0.001-1.0	75-90	hours/months	10-50
Chemical reactions	120-250	0.01-1.0	75-100	hours/days	8-100

TES berbasis reaksi kimia-panas (*Thermochemical*-TCM) merupakan opsi terbaik untuk sistem CSP jika dilihat berdasarkan tingginya kerapatan energi serta efisiensi [8]. Kelebihan lain dari model TES-TCM adalah memungkinkannya penyimpanan dalam waktu lama tanpa adanya kerugian panas yang signifikan [9,10]

## BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

### **Tujuan Penelitian**

1. Memperoleh parameter proses pencampuran yang optimal untuk material T–Bat;
2. Menghasilkan proporsi magnesium dan nikel yang paling optimal untuk proses hidrogenasi/dehidrogenasi magnesium *hydride* sebagai T–Bat;
3. Mendapatkan desain dasar dari Concentrated Solar Power dengan teknologi T–Bat sebagai unit penyimpan energi thermal;

### **Manfaat Penelitian**

1. Memberikan hasil yang relevan mengenai parameter proses pencampuran melalui *ball milling* untuk material T–Bat;
2. Memperoleh material T–Bat yang lebih efisien untuk Concentrated Solar Power;
3. Meningkatkan efisiensi sistem Concentrated Solar Power dengan T–Bat yang lebih optimal;
4. Sebagai acuan baru untuk pengembangan Concentrated Solar Power di Indonesia sebagai solusi pemanfaatan EBT yang lebih optimal.

## BAB 4. METODE PENELITIAN

Riset ini dilaksanakan sesuai dengan diagram alir seperti terlihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian

### Detail Diagram

#### 1. Start

Sebagai langkah awal terkait persiapan untuk proses penelitian, pembagian tugas tim peneliti, pengolahan data referensi, persiapan instrumen dan metode pengambilan data. Luaran dari bagian ini adalah tercapainya kesepakatan kerja tim dan instrumen pengambilan data siap untuk diterapkan.

## 2. Pengumpulan Data Literature, Data Primer dan Sekunder

Bagian ini difokuskan untuk mengambil data–data yang penting dalam penelitian ini. Data literature digunakan sebagai referensi penelitian, Data Primer adalah data radiasi normal matahari (DNI) dan Sistem Informasi Geografis (GIS) yang digunakan sebagai penentu potensial panas yang bisa dikembangkan, serta data sekunder berupa rata–rata suhu udara, kekuatan tanah, akses saluran air serta data rerata suhu tahunan di lokasi tersebut.

Luaran bagian ini adalah terkumpulnya seluruh data referensi penelitian serta data aktual terkait potensi panas pada lokasi tertentu yang nantinya akan digunakan sebagai bahan untuk analisis sistem.

## 3. Menganalisis Potensi Panas Matahari pada Lokasi Geografis Unit Sistem

Data potensi panas matahari dan lokasi geografis yang telah diperoleh diolah sebagai data masukan untuk penentuan detail konstruksi CSP dan unit penyimpanan (*thermal battery*). Referensi ukuran serta detail CSP yang akan dirancang serta unit penyimpanan yang akan dibuat menjadi luaran dari bagian ini.

### 4.1. Menganalisis konstruksi unit CSP

Konstruksi dari unit kolektor panas dan blok produksi listrik dianalisis untuk memperoleh referensi kekuatan struktural, proses perakitan serta kemampuan dalam memproduksi listrik dan juga pertimbangan jenis material yang digunakan. Luaran bagian ini adalah detail bagian konstruksi unit kolektor panas dan blok produksi listrik.

### 4.2. Menganalisis Unit Penyimpanan Panas

Material dan model sistem dari TES yang akan digunakan dianalisis untuk memperoleh material dan mekanisme unit penyimpanan yang efektif dan efisien sesuai dengan potensi panas yang diperkirakan.

### 5.1. Mendesain Unit Kolektor Panas dan Blok Produksi Listrik Sistem CSP

Seluruh data dan detail mengenai bagian unit kolektor panas dan blok produksi listrik digunakan sebagai acuan dalam mendesain. Data tersebut diolah melalui perangkat lunak sebagai simulasi untuk memperoleh hasil konstruksi yang diharapkan.

## 5.2. Mendesain Unit Penyimpanan Panas untuk Sistem CSP

Hasil analisis dari unit penyimpanan panas untuk sistem CSP dijadikan referensi desain unit yang akan dikembangkan. Hasil analisis diuji menggunakan pengujian laboratorium berkaitan dengan sifat material serta disimulasikan menggunakan perangkat lunak untuk mengetahui proses dari mekanisme kerja yang didesain. Luaran bagian ini adalah diperolehnya desain mekanisme dan jenis material unit penyimpanan panas yang efektif dan efisien.

## 6. Rancang Bangun Unit CSP

Hasil seluruh desain (konstruksi kolektor dan blok produksi listrik serta unit penyimpanan panas) dibuat dalam bentuk prototipe dengan penggunaan skala (skala laboratorium). Prototipe *Concentrated Solar Power* dengan *Thermal Energy Storage* menjadi luaran utama dari bagian ini.

## 7. Pengujian Kerja Sistem CSP

Model yang telah dibangun akan diuji performanya. Indikator utama dari performa sistem yang diuji adalah:

- a. Kemampuan sistem dalam mendeteksi sinar matahari (*tracking ability*)
- b. Kekuatan umum konstruksi sistem
- c. Kemampuan sistem dalam mengumpulkan panas
- d. Kemampuan sistem dalam mentransfer panas
- e. Kemampuan *thermal storage* dalam menyerap panas (*charging*)
- f. Kemampuan *thermal storage* dalam menyimpan panas (*storing*)
- g. Kemampuan *thermal storage* dalam melepas panas (*discharging*)
- h. Kemampuan sistem dalam mengkonversi panas menjadi listrik.

Data performa aktual akan dibandingkan dengan data hasil desain menggunakan perangkat lunak.

## 8. Kesimpulan

Bagian ini menyimpulkan mengenai kemampuan dan efektifitas sistem dalam mengkonversi panas matahari menjadi listrik.

## BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

### Hasil Proses *Milling*

Proses *milling* dilakukan dengan variasi *ball to powder* 2:1 & 3:1 serta lama proses *milling* yakni 3 jam dan 5 jam, yang menghasilkan 12 sampel (Tabel 2).

Tabel 2. Detail Sampel yang Di-*Milling*

Sampel	Rasio Sampel (Mg:Ni)	Parameter Proses <i>Milling</i>
S <sub>1</sub>	86:14	Milling time: 3 hours, Ball to Powder Ratio 2:1
S <sub>2</sub>	86:14	Milling time: 5 hours, Ball to Powder Ratio 2:1
S <sub>3</sub>	86:14	Milling time: 3 hours, Ball to Powder Ratio 3:1
S <sub>4</sub>	86:14	Milling time: 5 hours, Ball to Powder Ratio 3:1
S <sub>5</sub>	85:15	Milling time: 3 hours, Ball to Powder Ratio 2:1
S <sub>6</sub>	85:15	Milling time: 5 hours, Ball to Powder Ratio 2:1
S <sub>7</sub>	85:15	Milling time: 3 hours, Ball to Powder Ratio 3:1
S <sub>8</sub>	85:15	Milling time: 5 hours, Ball to Powder Ratio 3:1
S <sub>9</sub>	84:16	Milling time: 3 hours, Ball to Powder Ratio 2:1
S <sub>10</sub>	84:16	Milling time: 5 hours, Ball to Powder Ratio 2:1
S <sub>11</sub>	84:16	Milling time: 3 hours, Ball to Powder Ratio 3:1
S <sub>12</sub>	84:16	Milling time: 5 hours, Ball to Powder Ratio 3:1

### Hasil *Moisture Test*

*Moisture test* dilakukan sebelum dan sesudah proses *milling*. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berapa besar paparan *moisture* yang mungkin terjadi selama proses material *handling* dan *milling* (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil *Moisture Test*

Sampel	Rasio Sampel (Mg:Ni)	Nilai <i>Moisture</i> Sampel (dalam % <i>Moisture Content</i> )		$\Delta_{MC}$
		Sebelum Proses	Sesudah Proses	
S <sub>1</sub>	86:14	0.176	0.188	0.012
S <sub>2</sub>	86:14	0.177	0.189	0.012
S <sub>3</sub>	86:14	0.180	0.191	0.011
S <sub>4</sub>	86:14	0.182	0.190	0.008
S <sub>5</sub>	85:15	0.281	0.285	0.004
S <sub>6</sub>	85:15	0.282	0.291	0.009
S <sub>7</sub>	85:15	0.285	0.290	0.005
S <sub>8</sub>	85:15	0.281	0.289	0.008
S <sub>9</sub>	84:16	0.189	0.201	0.012
S <sub>10</sub>	84:16	0.183	0.191	0.008
S <sub>11</sub>	84:16	0.191	0.197	0.006
S <sub>12</sub>	84:16	0.195	0.202	0.007
Average %MC		0.217	0.225	0.0085



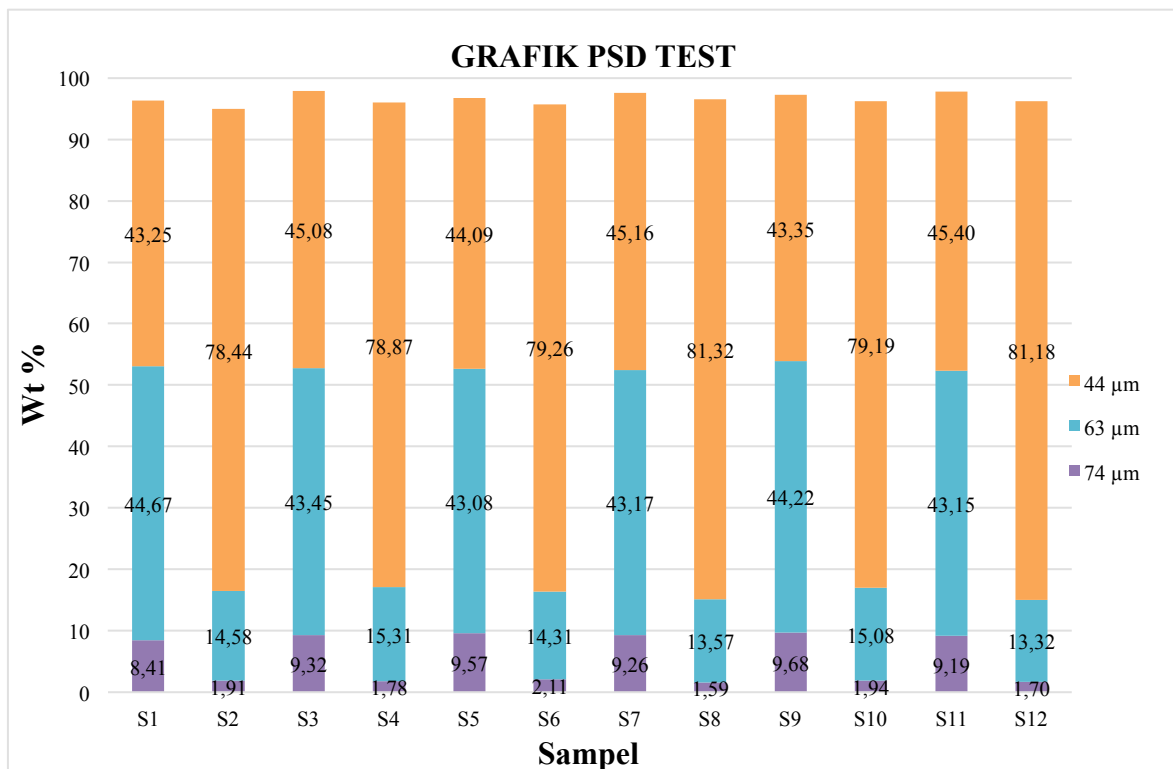
### Hasil Pengujian *Particle Size Distribution*

Tujuan proses *milling* ialah untuk menurunkan ukuran butir material. Proses *milling* yang dilakukan pada tiap sampel menggunakan variable berbeda sehingga penting untuk diketahui distribusi ukuran partikel pada tiap sampel dengan variable *milling* yang berbeda. Tabel 5.3 menunjukkan hasil uji PSD untuk tiap sampel.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Particle Size Distribution*

Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
BPR	2:1	2:1	3:1	3:1	2:1	2:1	3:1	3:1	2:1	2:1	3:1	3:1	
Milling Time	3 H	5 H	3 H	5 H	3 H	5 H	3 H	5 H	3 H	5 H	3 H	5 H	
Particle Size ( $\mu\text{m}$ )	177	0.41	0.20	0.51	0.18	0.47	0.15	0.39	0.14	0.43	0.22	0.34	0.12
	149	0.46	0.26	0.42	0.21	0.43	0.17	0.52	0.17	0.37	0.27	0.47	0.19
	105	0.86	0.16	0.83	0.84	0.94	0.11	0.91	0.13	0.96	0.11	0.82	0.11
	74	9.41	2.15	10.07	2.27	9.73	2.66	9.45	0.18	10.21	0.20	9.19	0.16
	63	45.62	15.69	43.09	16.48	43.88	15.22	43.34	12.64	44.48	13.32	44.16	12.76
	44	43.25	81.54	45.08	80.02	44.55	81.69	45.39	86.54	43.55	85.88	45.02	86.66
Proportion	Mg:Ni = 86:14				Mg:Ni = 85:15				Mg:Ni = 84:16				

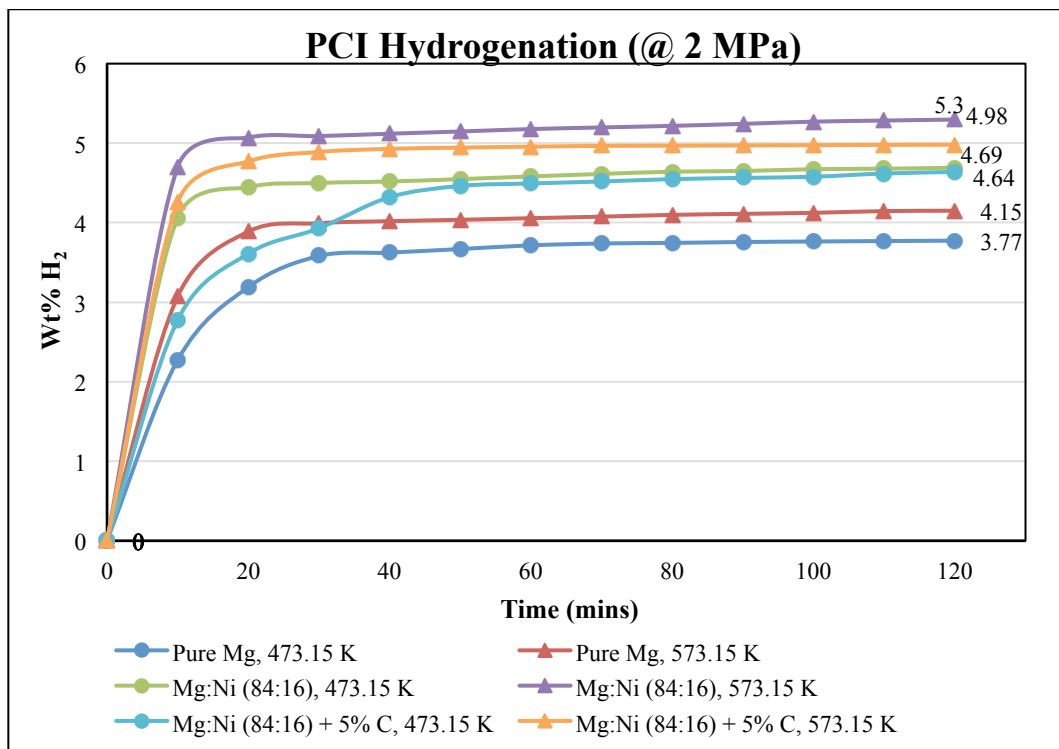
Ukuran awal magnesium dan nikel masing-masing 74  $\mu\text{m}$  dan 63  $\mu\text{m}$ . Target ukuran material yang direncanakan ialah 44  $\mu\text{m}$ , seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian *Particle Size Distribution*

### Pengujian *Pressure-Composition-Isotherm*

Proses ini adalah standar pendekatan pengujian kemampuan material dalam menyerap hidrogen [20], [21]. Pengujian ini digunakan juga untuk mengetahui sifat termodinamik dari material yang diuji [22]. Pengujian dilakukan pada suhu 473,15 K dan 573,15 K. Pemilihan suhu pengujian tersebut berdasarkan tujuan utama penelitian yakni untuk penurunan suhu dekomposisi hidrogen dari magnesium hidrida [23]. Gambar 13 menunjukkan hasil pengujian PCI dari 3 sampel berbeda untuk proses hidrogenasi.

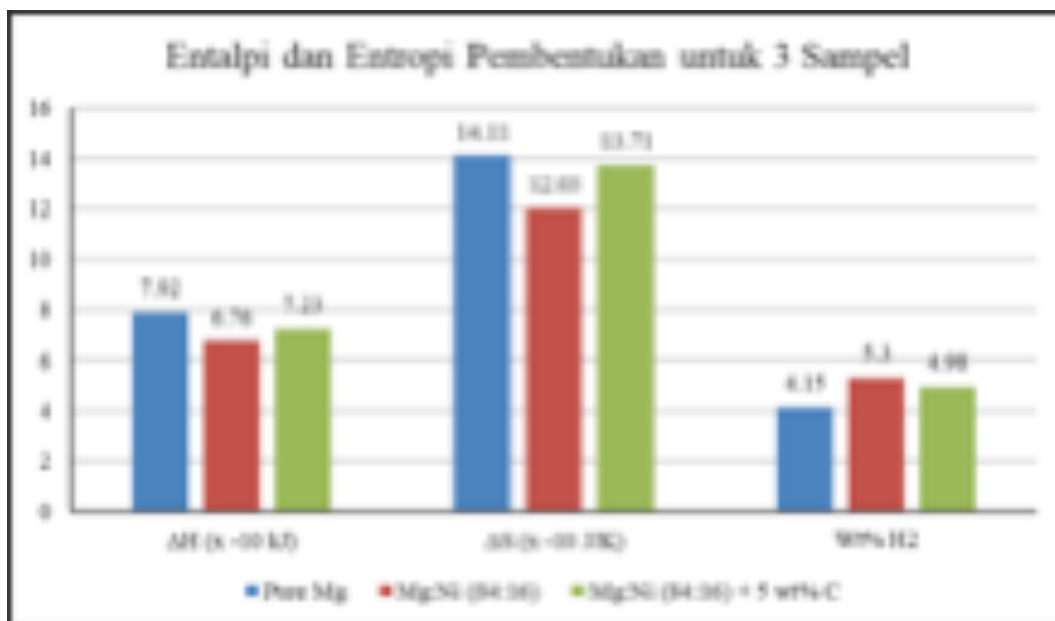


Gambar 13. Grafik Hasil Pengukuran *Pressure-Composition-Isotherm*

Tabel 6. Hasil Proses Pengukuran *Pressure-Composition-Isotherm*

Sampel	Tekanan Mula (MPa)	Suhu (K)	$P_{eq}$ (MPa)
Pure Mg	2.0006	473.15	0.0419
		573.15	1.4094
Mg:Ni (84:16)		473.15	0.0661
		573.15	1.3236
Mg:Ni (84:16) + 5% C		473.15	0.0431
		573.15	1.325

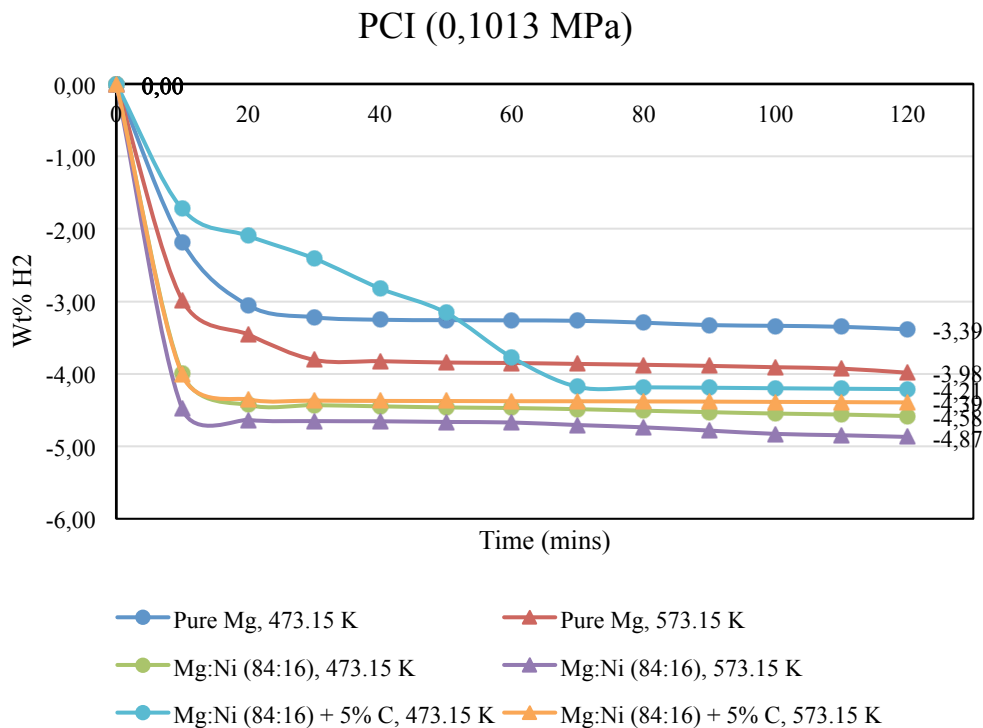
Dengan diperolehnya tekanan kesetimbangan ( $P_{eq}$ ) dari sistem pada suhu tertentu, maka entalpi pembentukan dapat diperoleh. Gambar 14 menunjukkan nilai entalpi dan entropi pembentukan selama proses hidrogenasi dari masing-masing sampel:



Gambar 14. Entalpi dan Entropi Pembentukan untuk 3 Sampel

Dari gambar terlihat bahwa dibandingkan dengan magnesium murni, sampel dengan campuran magnesium dan nikel memiliki nilai entalpi pembentukan yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa campuran magnesium dan nikel lebih kurang stabil [24] sehingga memberikan keuntungan untuk proses hidrogenasi di mana suhu proses hidrogenasi bisa lebih rendah dibandingkan dengan magnesium murni. Sampel Mg:Ni dengan dan tanpa karbon tidak memberikan pengaruh yang signifikan berkaitan dengan penurunan entalpi pembentukan. Penambahan karbon dapat membantu proses hidrogenasi dikarenakan dapat menghambat proses pembentukan lapisan oksida di sistem [25]–[27]. Dari segi kapasitas, penyerapan sampel dengan karbon tidak semaksimal sampel tanpa karbon namun tetap lebih baik dibandingkan sampel magnesium murni. Penurunan kapasitas sampel dengan karbon dibandingkan dengan sampel tanpa karbon disebabkan penurunan ruang gerak bebas untuk atom Hidrogen di dalam kluster sehingga menyebabkan hanya beberapa atom hidrogen yang mampu bereaksi secara sempurna dengan inti material induknya.

Pengujian berikutnya adalah pengujian PCI dehidrogenasi. Pengujian ini bertujuan untuk melepas hidrogen dari material inti dengan cara memanaskannya. Idealnya, hidrogen yang berhasil diserap harus bisa dilepaskan seluruhnya. Tekanan kerja awal PCI ialah 0.1013 MPa dengan 2 tingkat suhu pengujian yakni 473,15 K dan 573,15 K. Pemilihan tekanan tersebut dilakukan untuk menyesuaikan terhadap tekanan atmosfer. Hasil pengujian ditunjukkan oleh gambar 15.



Gambar 15. Grafik Hasil Pengukuran PCI Dehidrogenasi

Tabel 7. Selisih Penyerapan dan Pelepasan hidrogen

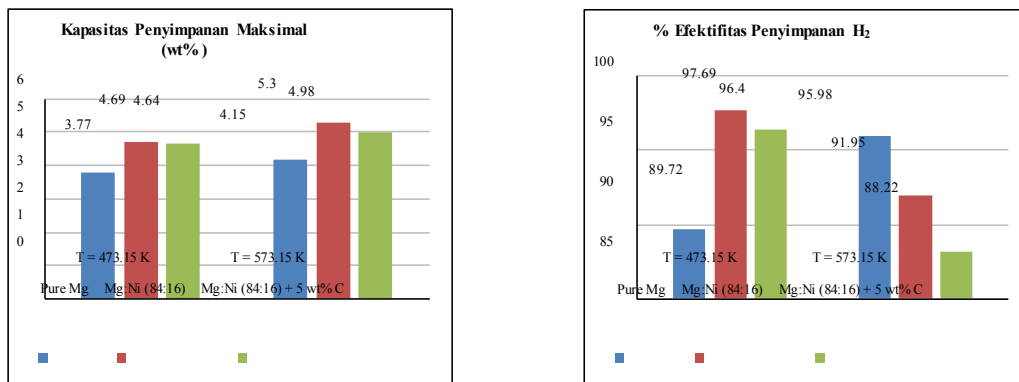
Sampel	Suhu (K)	Wt % H <sub>2</sub>		% Efektifitas Penyimpanan H <sub>2</sub>
		Hidrogenasi	Dehidrogenasi	
Pure Mg	473,15	3,774	-3,3862	89,72
	573,15	4,151	-3,9843	95,98
Mg:Ni (84:16)	473,15	4,691	-4,5825	97,69
	573,15	5,297	-4,8705	91,95
Mg:Ni (84:16) + 5% C	473,15	4,368	-4,2109	96,40
	573,15	4,981	-4,3942	88,22

Dari tabel tersebut terlihat jelas bahwa persentase penyimpanan efektif hidrogen diperoleh oleh sampel Mg:Ni pada suhu kerja 473.15 K. Nilai ini menjadi indikator jelas bahwa penurunan entalpi pembentukan dan penurunan suhu dekomposisi hidrogen untuk sampel tersebut mempengaruhi kemampuan material dalam menyimpan hidrogen secara efektif [28], [29]. Sampel Mg:Ni + 5% C pada suhu kerja 473.15 K merupakan sampel kedua dengan penyimpanan hidrogen terbesar. Namun yang menjadi perhatian khusus adalah bahwa pada saat hidrogenasi dan terlebih pada saat dehidrogenasi, dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai tekanan setimbang di dalam sistem. Kondisi tersebut menjadi catatan khusus bahwa penambahan karbon dalam sistem memberi hambatan bagi atom hidrogen saat proses dekomposisi berlangsung dan menurunkan

kemampuan kinetik hidrogen. Kinetik hidrogen dipengaruhi oleh seberapa besar hidrogen tersimpan di dalam material inti dan juga suhu kerja dekomposisi [30]. Penambahan nikel dalam material membuat sistem ini cocok untuk digunakan sebagai siklus termokimia karena mampu mempercepat reaksi yang terjadi (kinetik) [31].

### Kapasitas Penyimpanan Panas

Kapasitas penyimpanan panas yang menjadi nilai penting dalam *thermal battery* yang sangat berhubungan erat dengan besarnya hidrogen yang ada di dalam sistem dan dipengaruhi oleh aspek termodinamika dalam pembentukan hidrida [32]. Gambar 16 menunjukkan grafik kapasitas penyimpanan hidrogen dan efektifitas penyimpanan hidrogen.



Gambar 16. Kapasitas dan efektifitas penyimpanan Hidrogen

Dari gambar 16 terlihat bahwa kapasitas maksimal penyimpanan hidrogen dengan proses PCI pada suhu 473,15 K dan 573,15 K diperoleh oleh sampel Mg:Ni 84:16. Efektifitas penyimpanan hidrogen untuk suhu 473,15 K diperoleh oleh sampel Mg:Ni (84:16) dan suhu proses 573,15 K diperoleh oleh magnesium murni. Efektifitas Mg:Ni dengan dan tanpa karbon sama-sama menurun cukup signifikan. Kondisi ini terjadi dikarenakan suhu pemrosesan 573,15 K cukup tinggi untuk Mg:Ni dengan nilai entalpi yang lebih rendah sehingga memperbesar resiko terjadinya *sintering* di dalam material dan membuat proses pelepasan hidrogen menjadi terhambat [33].

## BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Parameter milling time paling baik ditunjukkan untuk milling time 5 hours dimana rerata pencapaian target ukuran 44  $\mu\text{m}$  untuk seluruh sample berkisar dari 80.02–86.72 wt%;
2. Parameter milling ball to powder ratio paling baik ditunjukkan untuk BPR 3:1 dimana target ukuran 44  $\mu\text{m}$  diperoleh sebanyak 80.02, 86.72 dan 86.66 wt% dibandingkan dengan BPR 2:1 dengan hasil 81.54, 81.69 dan 85.88 wt%;
3. Hasil pengujian hydriding awal untuk seluruh sample paduan magnesium dan nikel menunjukkan pola penyerapan dan pelepasan hydrogen paling baik di mana penyerapan dan pelepasan awal mulai terjadi pada mulai menit ke-20 hingga menit ke-10 dibandingkan dengan magnesium murni di mana mulai proses pelepasan dan penyerapan hydrogen mulai terjadi pada menit ke-80;
4. Sample dengan penyerapan awal hydrogen terbaik ditunjukkan untuk sample dengan proporsi magnesium dan nikel 86:14 dimana seluruh penyerapan hydrogen di atas 0.9 wt% sedangkan magnesium murni hanya mampu menyerap 0.215 wt%;
5. Sample dengan penyerapan hydrogen terbesar diperoleh sample 12 dengan besar penyerapan hydrogen awal sebesar 0.97 wt%;
6. Pola penyerapan hydrogen terbaik ditunjukkan untuk sample 10 dimana tidak terjadi temperature spike dengan penyerapan hydrogen maksimal sebesar 0.938 wt%;
7. Perbedaan utama proses milling sample 10 dan 12 ialah pada BPR yang digunakan yang mempengaruhi hasil pencapaian ukuran target 44  $\mu\text{m}$  dimana pada sample 10 mencapai 85.88 wt% dan sample 12 86.66 wt%. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran yang terlalu kecil memberikan pengaruh terhadap pola penyerapan hydrogen pada material yang dapat berdampak pada penurunan life cycle material;
8. Pada proses PCT, tekanan kesetimbangan untuk hydrogenation dari sample Mg:Ni diperoleh pada 1.3652 MPa dimana pada magnesium murni tekanan kesetimbangan diperoleh pada 1.5021 MPa;
9. Penyerapan terbesar hydrogen diperoleh pada sample Mg:Ni sebesar 5.297 wt%, dimana pada magnesium murni penyerapan hydrogen hanya sebesar 4.151 wt% dan pada Mg:NI + C 5% sebesar 4.981 wt%;
10. Nilai  $\Delta H$  untuk Mg:Ni diperoleh pada -52.016 kJ yang merupakan nilai entalpi pembentukan paling rendah dari seluruh sample dan mendakan bahwa kondisi hidrida

tidak stabil dan memudahkan proses hidrogenasi dan dehidrogenasi dibandingkan dengan sample magnesium murni;

11. Penambahan carbon sebesar 5% pada campuran Mg:Ni memberikan pengaruh positif hanya jika sistem diproses pada suhu tinggi (573.15 K) karena carbon membantu sistem dalam proses hidrogenasi untuk suhu tinggi dan menghambat proses pembentukan lapisan oxide;
12. Penambahan carbon memberikan pengaruh terhadap pengurangan kapasitas penyerapan hydrogen dimana penyerapan maksimal hanya sebesar 4.981 wt%;

### **Saran**

1. Penelitian lebih jauh untuk pemrosesan material perlu mempertimbangkan faktor temperature proses dan juga dengan inert gas hydrogen sehingga dapat menghasilkan dua produk dari proses milling yakni penurunan ukuran material dan juga pengembangan fasa hidrida  $\alpha$  sehingga saat pengujian hydrogenation/dehydrogenation dapat menghasilkan fasa hidrida  $\beta$  dengan waktu yang lebih singkat;
2. Pengujian material dapat dipertimbangkan dengan menggunakan ukuran butir material yang seragam dimana masing-masing diproses milling terlebih dahulu lalu dicampur saat proses karakterisasi material sehingga hasil yang lebih detail terkait pengaruh ukuran butir dapat terlihat dengan jelas;
3. Pertimbangan untuk pengembangan software pengujian hydrogenation/dehydrogenation yang bersifat real time untuk mempercepat proses pengujian waktu yang digunakan bisa lebih efektif;
4. Pengujian berikutnya perlu mempertimbangkan untuk pengujian life cycle dari sistem  $MgH_2$  dan juga pengaruh kinetis hydrogen di dalam sistem;
5. Proses optimasi pengujian perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih presisi dan sesuai dengan real working conditions dengan mempertimbangkan model reaktor yang digunakan.

## REFERENSI

- [1] R. Januar, "Comparative Analysis of 20-MW Solar Thermal and PV Power Plant in Rongkop, Indonesia Using LCOE Simulation Method," *J. Clean Energy Technol.*, vol. 5, no. 5, pp. 383–388, 2017.
- [2] A. Singh, S. Khaewhom, and N. Kaistha, "Design and Control of a Small-Scale Isolated Concentrated Solar Power Generation Unit," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 57, no. 2, pp. 623–638, 2018.
- [3] M. Mehos, C. Turchi, J. Jorgenson, P. Denholm, C. Ho, and K. Armijo, "On the path to Sunshot: Advancing Concentrating Solar Power Technology, Performance, and Dispatchability," 2016.
- [4] J. P. Bijarniya, K. Sudhakar, and P. Baredar, "Concentrated solar power technology in India: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 63, pp. 593–603, 2016.
- [5] L. F. Cabeza *et al.*, "Thermochemical energy storage by consecutive reactions for higher efficient concentrated solar power plants (CSP): Proof of concept," *Appl. Energy*, vol. 185, pp. 836–845, 2017.
- [6] Delta Energy & Environment Ltd, *Evidence Gathering: Thermal Energy Storage (TES) Technologies*, vol. 80. 2016.
- [7] O. Puscasu *et al.*, "A disruptive technology for thermal to electrical energy conversion," *Microelectronics J.*, vol. 45, no. 5, pp. 554–558, 2014.
- [8] Z. Z. Fang *et al.*, "Metal hydrides based high energy density thermal battery," *J. Alloys Compd.*, vol. 645, no. S1, pp. S184–S189, 2015.
- [9] S. Narayanan *et al.*, "Thermal battery for portable climate control," *Appl. Energy*, vol. 149, pp. 104–116, 2015.
- [10] E. C. Lima, A. Hosseini-bandegharai, and J. Carlos, "A critical review of the estimation of the thermodynamic parameters on adsorption equilibria. Wrong use of equilibrium constant in the Van't Hoof equation for calculation of thermodynamic parameters of adsorption," *J. Mol. Liq.*, no. 1, pp. 1–34, 2018.
- [11] L. Luo, Y. Li, T. Zhai, F. Hu, and Z. Zhao, "Microstructure and hydrogen storage properties of V48Fe12Ti15-xCr25Alx (x=0,1) alloys," *Int. J. Hydrogen Energy*, no. xxxx, pp. 1–11, 2019.
- [12] T. B. Flanagan, "Entropies for hydrogen solution and hydride formation/decomposition in Pd alloys," *J. Alloys Compd.*, 2019.
- [13] J. C. Crivello *et al.*, "Mg-based compounds for hydrogen and energy storage," *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. 122, no. 2, pp. 1–17, 2016.
- [14] C. Zhou, Z. Z. Fang, J. Lu, and X. Zhang, "Thermodynamic and kinetic destabilization of magnesium hydride using Mg-In solid solution alloys," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 135, no. 30, pp. 10982–10985, 2013.
- [15] A. Perejón, P. E. Sánchez-Jiménez, J. M. Criado, and L. A. Pérez-Maqueda, "Magnesium hydride for energy storage applications: The kinetics of dehydrogenation under different working conditions," *J. Alloys Compd.*, vol. 681, pp. 571–579, 2016.
- [16] V. K. Sharma and E. Anil Kumar, "Effect of measurement parameters on thermodynamic properties of La-based metal hydrides," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 39, no. 11, pp. 5888–5898, 2014.
- [17] H. Shang, Y. Li, Y. Zhang, X. Wei, Y. Qi, and D. Zhao, "Influences of adding nano-graphite powders on microstructure and gaseous hydrogen storage properties of ball milled Mg90Al10 alloy," *Carbon N. Y.*, vol. 149, pp. 93–104, 2019.



- [18] K. J. Gross and B. Hardy, "Recommended Best Practices for Characterizing Engineering Properties of Hydrogen Storage Materials," no. 147388, p. 282, 2013.
- [19] J. Jepsen *et al.*, "Fundamental Material Properties of the 2LiBH<sub>4</sub>-MgH<sub>2</sub> Reactive Hydride Composite for Hydrogen Storage: (II) Kinetic Properties," *Energies*, vol. 11, no. 11, 2018.
- [20] A. Borgschulte, S. Kato, M. Biemann, and A. Züttel, "Experimental techniques to measure of the equilibrium plateau pressures of metal hydrides," *Mater. Issues a Hydrog. Econ. - Proc. Int. Symp.*, no. May, pp. 184–191, 2009.
- [21] Y. Shen, "Development of metal hydride surface structures for high power NiMH batteries Also extended cycle-life and lead to more effective recycling methods," 2018.
- [22] P. Canjura Rodriguez, N. Gallandat, and A. Züttel, "Accurate measurement of pressure-composition isotherms and determination of thermodynamic and kinetic parameters of metal hydrides," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 44, no. 26, pp. 13583–13591, 2019.
- [23] L. Pasquini, "The effects of nanostructure on the hydrogen sorption properties of magnesium-based metallic compounds: A review," *Crystals*, vol. 8, no. 2, 2018.
- [24] T. Yan, T. X. Li, and R. Z. Wang, *Thermochemical heat storage for solar heating and cooling systems*. 2016.
- [25] A. Klimkowicz, A. Takasaki, Ł. Gondek, H. Figiel, and K. Wierczek, "Hydrogen desorption properties of magnesium hydride catalyzed multiply with carbon and silicon," *J. Alloys Compd.*, vol. 645, no. S1, pp. S80–S83, 2015.
- [26] C. J. Webb, "A review of catalyst-enhanced magnesium hydride as a hydrogen storage material," *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 84, no. 1, pp. 96–106, 2015.
- [27] M. K. Singh, A. Bhatnagar, S. K. Pandey, P. C. Mishra, and O. N. Srivastava, "Experimental and first principle studies on hydrogen desorption behavior of graphene nanofibre catalyzed MgH<sub>2</sub>," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 2, pp. 960–968, 2017.
- [28] V. Solovei, A. Avramenko, A. Lievtierov, and K. Umerenkova, "Metal Hydride Technology of Hydrogen Activation," *J. Mech. Eng.*, vol. 21, no. 1, pp. 49–54, 2018.
- [29] U.S. DRIVE Partnership, "Hydrogen Storage Tech Team Roadmap," 2017.
- [30] S. Suwarno and V. A. Yartys, "Kinetics of hydrogen absorption and desorption in titanium," *Bull. Chem. React. Eng. Catal.*, vol. 12, no. 3, pp. 312–317, 2017.
- [31] A. Giaconia, *Thermochemical production of hydrogen*. Woodhead Publishing Limited, 2014.
- [32] B. Sakintuna, F. Lamari-Darkrim, and M. Hirscher, "Metal hydride materials for solid hydrogen storage: A review," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 32, no. 9, pp. 1121–1140, 2007.
- [33] K. Manickam *et al.*, "Future perspectives of thermal energy storage with metal hydrides," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 44, no. 15, pp. 7738–7745, 2019.