

BIDANG UNGGULAN : ENERGI, TRANSPORTASI DAN LINGKUNGAN

**USULAN LANJUTAN
HIBAH PENELITIAN UNGGULAN
UDAYANA**

JUDUL PENELITIAN

**PEMANFAATAN SAMPAH KOTA NON-
ORGANIK SEBAGAI BAHAN BAKAR CAIR
DENGAN SISTEM PIROLISIS *FIXED BED***



TIM PENELITI

Dr. Ir. I B. Alit Swamardika, M.Erg., 0018126604 Teknik Elektro, Ketua
Prof. I N. Suprpta Winaya, MSc, PhD., 0031126922, Teknik Mesin, Anggota
Prof. Ir. Rukmi Sari Hartati, MT., Ph.D., 0013085304, Teknik Elektro, Anggota

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS UDAYANA
TAHUN 2018**

HALAMAN PENGESAHAN PROPOSAL
PENELITIAN UNGGULAN UDAYANA

Judul : PEMANFAATAN SAMPAH KOTA NON-ORGANIK SEBAGAI BAHAN BAKAR CAIR DENGAN SISTEM PIROLISIS FIXED BED

Peneliti / Pelaksana

Nama lengkap : Dr.Ir. IDA BAGUS ALIT SWAMARDIKA, M.Erg
NIP/NIDN : 196612181994031001 / 0018126604
Jabatan Fungsional/Stuktural : Lektor Kepala / Asisten Direktur 2 pada Pasca Sarjana,
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Nomor HP : 085237256257
Alamat Surel (e-mail) : gusalit@unud.ac.id

Anggota 1

Nama Lengkap : Prof. I Nyoman Suprpta Winaya, ST,MA.Sc., Ph.D.
NIDN : 0031126922
Perguruan Tinggi : S1 Teknik Mesin

Anggota 2

Nama Lengkap : Prof. Ir. RUKMI SARI HARTATI, MT., Ph.D
NIDN : 0013085304
Perguruan Tinggi : S1 Teknik Elektro

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke-2 dari rencana 2 tahun
Biaya Diusulkan : Rp. 50.000.000



Mengetahui
Dan Direktur Fakultas Teknik

(Prof. Ir. Ngakan Patu Gede Suardana, MT, Ph.D.)
NIP:196409171989031002

Denpasar, 14 Februari 2018
Ketua Tim Pelaksana

(Dr.Ir. IDA BAGUS ALIT SWAMARDIKA, M.Erg)
NIP:196612181994031001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Udayana

(Prof. Dr. Ir I Gede Rai Maya Temaja, MP.)
NIP:196210091988031002

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	2
BAB I. PENDAHULUAN.....	3
1.1. Latar Belakang.....	3
1.2. Tujuan Khusus.....	5
1.3. Urgensi Penelitian.....	7
BAB II. STUDI PUSTAKA.....	7
2.1. Proses Pirolisis, Pembakaran dan Gasifikasi.....	13
2.2. Teknologi Gasifikasi.....	14
2.3. Gasifikasi <i>Fludized Bed</i>	25
2.4. Penelitian Yang Sudah Dilaksanakan.....	26
BAB III. METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Gambaran Umum.....	31
3.2. Rancangan Penelitian.....	36
BAB IV. PEMBIAYAAN.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
JADWAL PELAKSANAAN	38
LAMPIRAN	
1. JUSTIFIKASI PENGGUNAAN ANGGARAN.....	39
2. SARANA DAN PRASARANA PENUNJANG.....	43
3. RIWAYAT HIDUP TIM PENELITI.....	47
4. SURAT PERNYATAAN PERSONALIA	57

ABSTRAK

Penelitian investigasi ini bertujuan untuk mengkonversi bahan bakar sampah perkotaan khususnya non organik seperti sampah plastik dan Ban di Denpasar menjadi energi dengan menggunakan teknologi pirolisis *fixed bed*. Teknologi pirolisis merupakan salah satu teknologi yang sangat efisien untuk mengubah berbagai jenis limbah padat *undegradible* menjadi energi termal dan bahan bakar minyak (BBM) dengan efisiensi yang tinggi. Penelitian ini dilakukan secara bertahap yang meliputi karakterisasi bahan bakar sampai pada rancang bangun alat pirolisis *fixed bed* skala laboartorium..

Pirolisis *fixed bed* (PFB) dengan hamparan pasir silika dipilih untuk meningkatkan fungsi temperatur pada reaktor sehingga diperoleh kualitas dan kuantitas produk BBM yang maksimum. Penelitian didesain dalam 2 tahap, masing-masing tahap dilaksanakan untuk 1 tahun anggaran. **Untuk tahun pertama**, dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik sampah kota *non-organik* seperti plastik, ban bekas dan kombinasinya untuk mengetahui properti fisik dan kandungan unsur-unsurnya melalui uji proksimat dan ultimat. Pada tahun ini didesain sebuah reaktor PFB *lab-scale* dengan ukuran dimensi rancangan berdiameter 15 cm dan tinggi 55 cm. Reaktor dilengkapi dengan sistem pendingin dan sistem pengurai untuk menampung produk BBM dan gas. Variasi temperatur dan komposisi bahan bakar diujikan dengan menggunakan hamparan pasir silika untuk mendapatkan performansi reaktor PFB yang terbaik. Hasil volume liquid tertinggi yaitu pada temperatur reaktor 500°C, itu disebabkan karena proses dekomposisi bahan bakar karet ban terjadi dengan baik dan maksimal ditandai dengan cepatnya waktu tetes awal liquid dan hasil volume liquid yaitu sebanyak 370 ml. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi plastik pada campuran bahan bakar akan meningkatkan jumlah volume liquid yang dihasilkan, hasil liquid dan efisiensi tertinggi terdapat pada variasi IV sebanyak 430ml dan 44,86%. Disamping itu sebagian besar plastik telah menguap lebih dulu dikarenakan titik leleh plastik yang rendah.

Selanjutnya **untuk tahun kedua**, pengujian bahan bakar *undegradible* sampah kota dilanjutkan dengan mengambil hasil uji yang terbaik di tahun pertama. Pada tahap ini, reaktor PFB akan dilengkapi dengan sistem pendinginan, sistem pembersih bbm dan gas, filter arang dan tar serta pengambilan bahan bakar cair. Variasi *temperatur* pirolisis dilakukan berdasarkan rujukan tahun pertama dilakukan untuk mendapatkan produksi bahan bakar cair yang paling maksimal. Pemurnian BBM dilakukan sehingga minyak yang dihasilkan mempunyai karakteristik mendekati minyak diesel sehingga layak diujikan pada generator listrik.

Kata kunci : Sampah an-organik, *pirolisis, fixed bed*, pasir silika

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persoalan sampah patut diakui sebagai persoalan berdimensi banyak yang melibatkan persoalan sosial, budaya, hukum dan ekonomi dari masyarakatnya. Dari sisi budaya misalnya, sampah bisa menjadi cermin tentang bagaimana masyarakat menghasilkan sampah, jenis sampah maupun sikap memperlakukannya.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Suwung merupakan TPA terbesar di Bali dimana luasnya saat ini mencapai 40 ha setelah dilakukannya perluasan dari 22 ha pada areal hutan bakau akibat volume sampah yang masuk melebihi kapasitas. Sejak tahun 2004, telah dilakukan kerjasama empat kabupaten/kota, yakni Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan (Sarbagita) untuk merancang pembangkit listrik berbasis sampah dengan sistem *Galfad* (*Gasification LandFill Anaerobic Disgestion*). Akan tetapi, sedianya tahun 2008 lalu diklaim sudah bisa mensuplai 10 MW namun pada kenyataannya jauh dari harapan. Sehingga permasalahan sampah di TPA Suwung semakin banyak mendapat sorotan pada awal tahun 2012. Ketinggian tumpukan sampah kini berkisar antara 10 sampai 15 meter. Kondisi ini berakibat munculnya pencemaran yang makin luas, bahkan sampai ke Jalan By-pass Ngurah Rai dan sekitarnya (Balipost, 2017). Hamparan sampah yang tidak tertangani dengan baik akan menjadi bencana sewaktu-waktu karena akan terus meluas dan menggantung sehingga bisa merusak citra Bali di mata wisatawan. Terlebih, gas metana (CH_4) yang dilepaskan ke udara sangat berbahaya bagi kesehatan dan atmosfer, selain itu gas lain seperti Hidrogen Sulfida (H_2S) menimbulkan bau busuk yang sangat menyengat.

Untuk menanggulangi dan mengantisipasi musibah yang terjadi maka perlu dicari sebuah paket teknologi pengelolaan sampah secara baik dan benar melalui perencanaan yang matang dan terkendali. Salah satu teknologi yang bisa diterapkan adalah *pirolisis fixed bed*.

1.2 Tujuan Khusus

Teknologi pengelolaan sampah menjadi energi (*waste to energy*) sudah banyak diterapkan di negara-negara maju seperti, Jepang, Singapura, Austria, Jerman, USA, dll. Namun di Indonesia, pemanfaatan teknologi untuk mengubah sampah menjadi energi yang bernilai ekonomis belum banyak diterapkan dan masih dalam bentuk kajian. Penelitian ini menggunakan teknologi pirolisis *fixed bed* (PFB) dengan menggunakan sampah kota anorganik seperti plastik dan ban bekas yang keberadaannya sangat mengganggu lingkungan dan keindahan kawasan.

Teknologi PFB merupakan salah satu teknologi alternatif terbaik untuk mengkonversi berbagai jenis sampah (*multiple solid waste, MSW*) menjadi gas mampu bakar (Nowicki dkk, 2008). Beberapa keunggulan teknologi ini, yaitu: desain yang sederhana, dapat digunakan untuk bahan bakar kualitas rendah dengan kandungan abu tinggi, temperatur operasi yang relatif rendah, kontak antara partikel bahan bakar dan gas pendorong sangat baik, tingkat perpindahan panas dan massa tinggi dan kondisi saat proses merata. Walaupun demikian pengembangan teknologi PFB ini terus dilakukan untuk mendapatkan efisiensi sistem yang maksimal.

Melihat potensi sampah perkotaan ke depan, adalah sangat menjanjikan sebagai salah satu sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Sehingga, tujuan khusus dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis BBM dan BBG yang dihasilkan dari PFB. Komposisi fisik bahan bakar sangat diperlukan sebagai parameter untuk mengembangkan teknologi pirolisis khususnya untuk bahan bakar berbasis sampah sehingga bisa menjadi teknologi terapan. Diharapkan dengan penerapan teknologi, penanganan sampah bisa menjadi lebih cepat, efektif, efisien serta mampu memberikan manfaat lain dan membuka lapangan kerja baru

1.3 Urgensi Penelitian

Saat ini masalah sampah telah menjadi masalah umum di berbagai tempat, terutama di kota-kota besar yang mempunyai jumlah penduduk relative lebih padat dengan lahan pembuangan sampah yang relative terbatas. Permasalahan sampah ini menjadi semakin serius seiring dengan meningkatnya produksi sampah di perkotaan seperti di Denpasar dari tahun ke tahun. Pada umumnya pengolahan sampah sampai saat ini masih terbatas pada pengolahan sampah secara konvensional, yakni hanya diangkut ke tempat-tempat pengumpulan sampah ke tempat pembuangan sementara, kemudian diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah untuk dimusnahkan. Aktifitas utama pemusnahan sampah di TPA adalah dengan *landfilling*. *Landfilling* adalah pengelolaan sampah dengan cara menimbunnya di dalam tanah. Dapat dipastikan bahwa yang digunakan di Indonesia adalah bukan *landfilling* yang baik, karena hampir seluruh TPA di kota-kota Indonesia hanya menerapkan apa yang dikenal sebagai *open-dumping*, yang sebetulnya tidak layak disebut sebagai cara yang sistematis, dan sama sekali sulit pula disebut teknologi penanganan sampah (Damanhuri, 2003).

Dalam perkembangannya, pengelolaan sampah dengan metode *landfill* dan *open-dump* tidaklah sesuai karena disamping memerlukan area yang luas juga memunculkan berbagai dampak buruk bagi lingkungan. Di samping itu metode *landfill* dan *open-dump* tidak mampu mengurangi volume sampah jenis *rubbish* (tidak mudah membusuk) seperti plastik dan karet dan bahan lainnya. Berdasarkan karakteristik sampah jenis *rubbish* terbanyak berwujud plastik, sampah jenis ini tidak dapat teruraikan seiring waktu (*non-biodegradable waste*), sehingga berdampak pada peningkatan timbunan sampah.

Sampah plastik dan juga ban bekas adalah senyawa polimer dengan bentuk molekul sangat besar. Istilah plastik, menurut pengertian kimia, mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Molekul plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau nilai ekonominya.

Plastik dan ban adalah senyawa polimer dengan bentuk molekul sangat besar. Istilah plastik, menurut pengertian kimia, mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Molekul plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau nilai ekonominya.

Teknologi alternatif yang telah dikembangkan untuk mengurangi jumlah volume sampah buangan, khususnya sampah jenis plastik, di antaranya teknologi daur ulang dan teknologi transformasi thermal. Proses transformasi thermal yang sudah banyak dilakukan seperti: pembakaran (*combustion*), *gasification*, dan *pyrolysis*. Pirolisis merupakan salah satu alternatif pengolahan sampah kota yang dipandang cukup prospektif untuk dikembangkan karena memiliki beberapa keuntungan di antaranya memiliki rasio konversi yang tinggi, produk-produknya memiliki kandungan energi yang tinggi, produk-produk yang dihasilkan dapat ditingkatkan menjadi bahan dasar keperluan lain serta pengontrolan proses yang lebih mudah bila dibandingkan dengan proses insenerasi (Himawanto, 2010).

Meskipun penelitian mengenai karakteristik produk-produk pirolisis sampah kota telah banyak dilakukan (Qonita dkk., 2014), namun penelitian mengenai karakteristik fraksi gas hasil proses pirolisis sampah kota, khususnya sampah plastik dan ban bekas, masih jarang dilakukan. Penelitian yang sering dilakukan umumnya lebih terfokus pada produk-produk pirolisis fraksi padat dan cairan (Moinuddin dkk., 2013). Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan studi terhadap karakteristik dekomposisi (pirolisis) plastik dan ban bekas pada temperatur pirolisis untuk mendapatkan bahan yang bahan bakar minyak sebagai bahan bakar alternatif. Studi yang akan dilakukan mencakup analisis performansi dari reaktor pirolisis tipe *fixed bed* dengan variasi temperatur reaktor sebesar 300°C, 400°C, dan 500°C.. Dalam penelitian ini, pirolisis bahan bakar plastik akan dikaji secara teoritis dan eksperimental di dalam reaktor pirolisis skala laboratorium.

BAB II. STUDI PUSTAKA

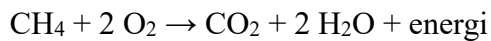
2.1 Proses Pirolisis, Pembakaran dan Gasifikasi

Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia dari material organik, yang berlangsung tanpa udara atau oksigen. Menurut Basu (2010), pirolisis biomassa umumnya berlangsung pada rentang temperatur 300 °C sampai dengan 600 °C. Produk dari proses pirolisis ini tergantung dari beberapa faktor diantaranya temperatur pirolisis dan laju pemanasan. Secara umum produk pirolisis dapat diklasifikasi menjadi tiga jenis yaitu :

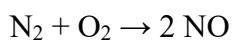
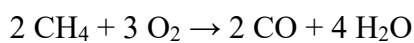
- Produk padat : berupa residu padat yang kaya kandungan karbon (*char*)
- Produk cair : berupa (tar, hidrokarbon, dan air)
- Produk gas (CO, H₂O, CO₂, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆, C₆H₆ dll).

Pembakaran adalah suatu reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi (udara atau oksigen) yang menghasilkan panas dan cahaya. Proses pembakaran ini dapat berlangsung jika ada : bahan bakar, pengoksidasi (udara/oksigen) dan panas atau energi aktivasi (Wardana, 2008). Menurut Loo dan Koppejan (2008), proses pembakaran biomassa melibatkan sejumlah aspek fisik dan kimia yang kompleks. Secara umum proses pembakaran tergantung pada propertis dari bahan bakar dan aplikasi pembakaran. Proses pembakaran ini dapat dibagi dalam beberapa proses yaitu pengeringan, pirolisis, gasifikasi dan pembakaran. Proses pembakaran secara keseluruhan dapat berlangsung secara kontinu, proses pengeringan dan pirolisis/gasifikasi merupakan tahap awal pada proses pembakaran bahan bakar padat.

Proses pembakaran ditinjau dari jumlah pengoksidasi (udara/oksigen), dapat dibedakan menjadi pembakaran lengkap (*complete combustion*) dan pembakaran tidak lengkap (*in complete combustion*). Proses pembakaran lengkap terjadi bila bahan bakar bereaksi dengan elemen pengoksidasi seperti udara/oksigen, dan menghasilkan senyawa yang disusun dari elemen-elemen bahan bakar dengan elemen pengoksidasi. Sebagai contoh reaksi pembakaran gas methana dengan oksigen dan pembakaran gas hidrogen dengan oksigen, sebagai berikut :



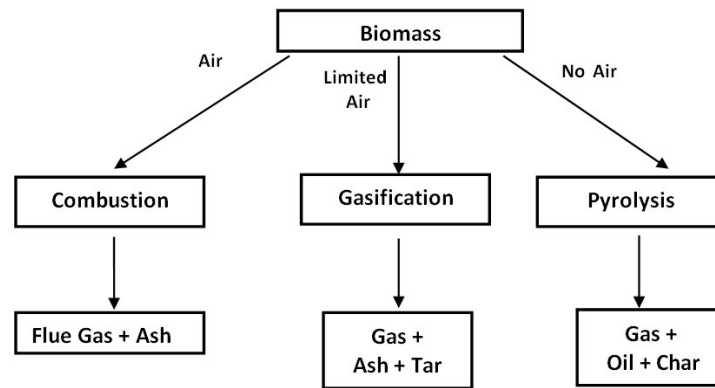
Sedangkan proses pembakaran tidak lengkap terjadi bila udara/oksigen yang dibutuhkan tidak cukup untuk membakar bahan bakar secara lengkap, untuk menghasilkan karbon dioksida dan air. Pada pembakaran yang tidak lengkap, karbon dalam bahan bakar diubah menjadi gas karbon monoksida sedangkan nitrogen yang ada dalam udara pada temperatur tinggi akan berubah menjadi NO_x.



Gasifikasi adalah teknologi konversi termokimia yang mengubah bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (Higman dan Burgt, 2008). Proses gasifikasi dan pembakaran adalah proses termokimia yang sangat berdekatan. Bila ditinjau dari reaksi kimia yang berlangsung, pada proses pembakaran menggunakan udara/oksigen dalam jumlah yang berlebih sedangkan pada proses gasifikasi menggunakan udara/oksigen yang terkontrol/terbatas. Bahan bakar padat yang umum digunakan seperti batu bara dan biomassa, sedangkan produk utama dari hasil gasifikasi secara umum adalah gas mampu bakar seperti CO, CH₄, H₂, dan produk gas lainnya seperti CO₂.

Secara umum dapat dikatakan bahwa, proses konversi termokimia gasifikasi berbeda dengan pirolisis dan pembakaran. Ketiganya dibedakan berdasarkan kebutuhan udara yang diperlukan selama proses. Dalam proses gasifikasi biomassa, jumlah udara pembakaran dibatasi antara 20% sampai 30% udara stoikiometri atau dengan *Equivalent Ratio* (ER) 0,2 sampai dengan 0,3. Untuk pirolisis nilai ER = 0 sedangkan untuk pembakaran nilai ER = 1 (Basu, 2010).

Untuk lebih jelasnya perbedaan pirolisis, pembakaran dan gasifikasi seperti pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Perbedaan pirolisis, pembakaran dan gasifikasi
Sumber : Basu, 2010

2.2 Teknologi Gasifikasi

Teknologi gasifikasi merupakan salah satu bentuk peningkatan pemanfaatan energi yang terkandung di dalam bahan biomassa melalui konversi dari bahan padat menjadi gas, dengan menggunakan proses degradasi termal material-material organik pada temperatur tinggi di dalam pembakaran yang tidak sempurna. Proses ini berlangsung didalam suatu alat yang disebut reaktor/gasifier, bahan bakar biomassa dimasukkan kedalam reaktor untuk dibakar secara tidak sempurna. Dengan kata lain proses gasifikasi merupakan proses pembakaran parsial bahan bakar padat, dengan melibatkan reaksi antara oksigen dengan bahan bakar padat. Hasil pembakaran berupa uap air dan karbon dioksida direduksi menjadi gas yang mudah terbakar, gas hasil proses gasifikasi ini disebut dengan gas produser. Umumnya kandungan dari gas produser yaitu karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂) dan metan (CH₄), gas-gas ini dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak untuk berbagai keperluan seperti menggerakkan mesin tenaga penggerak (diesel dan bensin), yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik, menggerakkan pompa, mesin penggiling dan lainnya. Selain itu gas ini juga dapat dibakar langsung untuk mesin pengering, oven dan sebagainya

yang memerlukan pembakaran yang bersih.

2.2.1 Tipe reaktor gasifikasi (*gasifier*)

Untuk melakukan gasifikasi diperlukan sebuah reaktor yang disebut dengan *gasifier*, pada proses gasifikasi didalam reaktor/*gasifier* diperlukan media penggasifikasi yang umum digunakan adalah pasir silika.

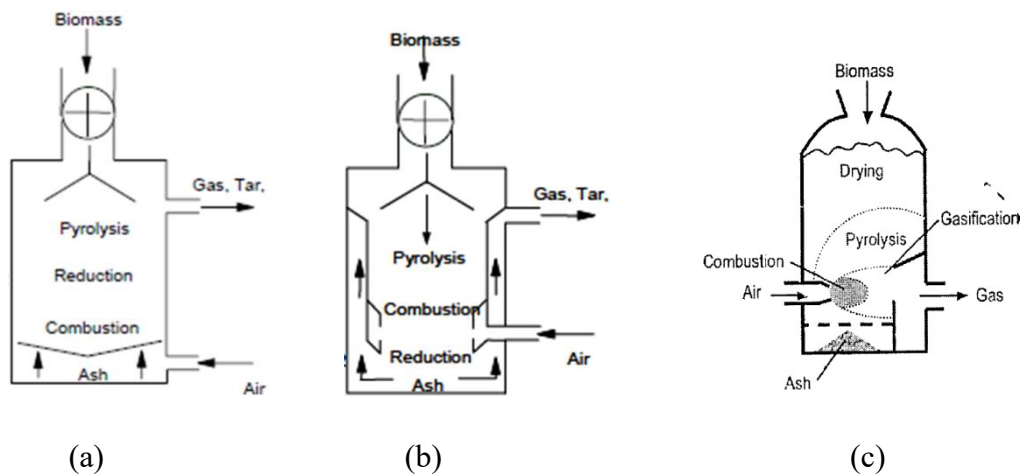
Reaktor/*gasifier* dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan kontak antara bahan bakar dengan media penggasifikasi pada proses gasifikasi didalam *gasifier*, yaitu : *fixed/moving bed*, *entrained bed* dan *fluidized bed*.

1. *Fixed/Moving Bed Gasifier*

Jenis *gasifier* ini merupakan tipe yang paling tua dan paling simpel, dan hanya digunakan untuk aplikasi dalam skala kecil. Yang termasuk dalam jenis ini adalah *updraft gasifier*, *downdraft gasifier* dan *crossdraft gasifier* seperti pada gambar 2.4 dibawah . Tipe *updraft gasifier* umumnya digunakan untuk gasifikasi batu bara, Bahan bakar padat dimasukkan kedalam reaktor dari bagian atas dan udara masuk reaktor dari bagian bawah sedangkan gas yang dihasilkan keluar meninggalkan reaktor pada bagian atas. Pada bagian atas reaktor terjadi pemanasan dan pirolisis pada bahan bakar reaktor akibat perpindahan panas karena konveksi paksa dan radiasi dari zona dibawahnya. Tar dari hasil proses ikut terbawa oleh gas, sedangkan abu dikeluarkan melalui bagian bawah reaktor. Untuk *downdraft gasifier* banyak digunakan untuk gasifikasi biomassa, dimana bahan bakar masuk reaktor dari bagian atas dan udara masuk pada daerah pembakaran. Gas dan bahan bakar mengalir kebawah dan temperatur meningkat kearah bawah dalam zona pembakaran. Gas hasil produksi keluar reaktor pada bagian atas, Kandungan Tar dalam gas relatif lebih kecil jika dibandingkan tipe *updraft*.

Pada *crossdraft gasifier* bahan bakar dimasukkan kedalam reaktor dari bagian atas, dan udara diinjeksikan melalui *nozzle* masuk reaktor pada bagian samping. Sedangkan untuk gas

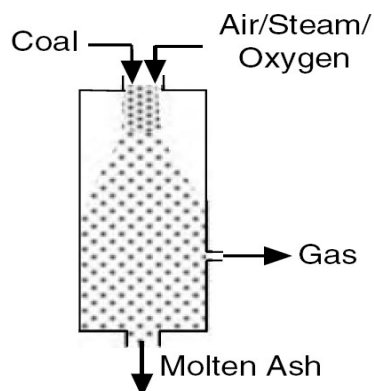
hasil dikeluarkan pada bagian samping dinding reaktor dengan posisi berlawanan dengan titik masuk udara. Gasifier ini mempunyai zona reaksi yang kecil dengan kapasitas panas yang rendah, waktu respon yang cepat dan kandungan tar yang dihasilkan rendah. Tipe ini umumnya digunakan untuk gasifikasi biomassa dalam skala kecil (Basu, 2010).



Gambar 2.2 : (a) *Updraft Gasifier*, (b) *Downdraft Gasifier*, (c) *Crossdraft Gasifier*
 Sumber : Basu, (2010).

2. Reaktor Tipe *Entrained-Flow Bed Gasifier*

Pada reaktor ini bahan bakar berupa serbuk dicampur dengan udara sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, temperatur kerja reaktor cukup tinggi $> 1000^{\circ}\text{C}$ sehingga hampir seluruh bahan bakar dapat dikonversi menjadi gas.

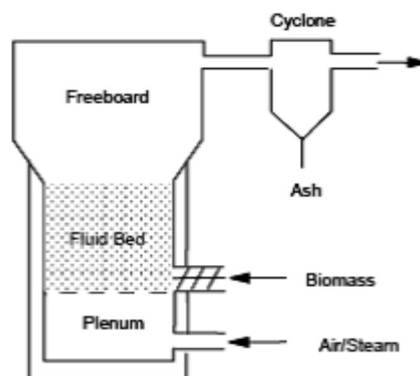


Gambar 2.3. *Entrained-Flow Bed Gasifier*

Sumber : Basu, (2006)

3. *Fluidized Bed Gasifier*

Reaktor tipe ini merupakan pendekatan desain dari permasalahan yang biasa ditemui pada pemakaian reaktor tipe updraft dan downdraft yaitu ketiadaan tempat aliran, ampas dan penurunan tekanan secara ekstrim pada reaktor.



Gambar 2.4. *Fluidized Bed Gasifier*

Sumber : Basu, (2010)

Udara dihembuskan melewati material *bed* pada kecepatan tertentu untuk menjaga dalam kondisi tertentu. material *bed* pada dasarnya mengalami pemanasan dari luar dan bahan bakar disentuh sehingga mencapai temperatur tinggi. Sebagai material *bed* umumnya digunakan pasir silika, dan fungsi material *bed* ini sebagai media gasifikasi selama proses gasifikasi berlangsung.

Bahan bakar dimasukkan pada bagian bawah reaktor, kemudian bercampur dan dipanaskan oleh media gasifikasi sehingga pirolisis terjadi dengan cepat menghasilkan komponen campuran dengan sebagian besar berupa gas. Kemudian gasifikasi dan koversi tar terjadi pada tahap gas. Abu hasil pembakaran akan terbawa bersama gas kesaluran keluar reaktor pada bagian atas.

Bila ditinjau dari proses kontak antara gas pendorong dan partikel bahan bakar, *Fluidized Bed gasifier* (FBG) dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu : *Bubbling Fluidized Bed Gasifier* (BFBG) dan *Circulating Fluidized Bed Gasifier* (CFBG). Pada penggunaannya,

CFBG lebih unggul daripada BFBG, hal ini disebabkan karena adanya saluran sirkulasi yang menyebabkan waktu tinggal bahan bakar dalam gasifier menjadi lebih lama sehingga memungkinkan bahan bakar terkonversi lebih sempurna. Disamping itu laju udara yang dibutuhkan pada CFBG (4 – 7 m/s) lebih besar jika dibandingkan pada BFBG sebesar (1 – 1,5 m/s), sehingga percampuran massa dan perpindahan panas menjadi lebih baik (Basu, 2006).

Bila dibandingkan dengan tipe reaktor *updraught* dan *downdraught*, tipe reaktor *Fluidized Bed* mempunyai beberapa keunggulan yaitu :

- Mampu memproses bahan baku kualitas rendah
- Kontak antara padatan dan gas baik
- Luas permukaan reaksi lebih besar sehingga reaksi dapat berlangsung cepat.
- Efisiensi tinggi, dan
- Emisi rendah

2.1.1 Kualitas gas produser

Gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi disebut gas produser yang kandungannya didominasi oleh gas CO, H₂ dan CH₄, dan biasanya masih bercampur dengan unsur-unsur lainnya yang tidak diperlukan karena akan mengganggu pada saat pemanfaatannya, disamping itu gas produser ini juga masih mempunyai temperatur yang tinggi berkisar 300 - 400 °C (Rajvanshi, 1986). Oleh karena itu gas produser yang keluar harus didinginkan dan dibersihkan terlebih dahulu dengan cara melewatkan pada suatu unit filter, secara garis besar terdapat 2 jenis filter yaitu dengan cara basah (misalnya seperti wet scrubber dan spray scrubber) atau secara kering (misalnya dengan cyclone dan separator). Pada dasarnya filtrasi ini akan membersihkan gas dari unsur-unsur seperti senyawa-senyawa sulphur, senyawa-senyawa nitrogen, debu yang terangkut oleh gas, produk dari distilasi yaitu tar, minyak, gas-gas yang tak terkondensasi, uap air dan mendinginkan gas tersebut. Dengan demikian gas yang keluar dari unit filtrasi diharapkan telah bersih dan aman untuk dimanfaatkan.

Tingkat kualitas gas produser dapat ditentukan dari kandungan karbon didalamnya, semakin tinggi karbon yang terkandung di dalam gas produser maka gas hasil gasifikasi tersebut dapat dikatakan berkualitas. Secara umum komposisi gas produser tergantung dari beberapa parameter yaitu : komposisi bahan bakar, medium gasifikasi, tekanan operasional, temperatur, kandungan uap air, cara kontak didalam reaktor dan lain-lain (Basu, 2006). Pada gasifikasi biomassa nilai kalor dari gas produser berkisar 4,5 sampai dengan 6 MJ/m³, sedangkan komposisi gas produser dengan basis volume adalah : CO sebesar 15 – 30%, CH₄ sebesar 4%, Nitrogen 45-60% dan CO₂ sebesar 5 – 15% (Turare, 2002).

Satu-satunya kelemahan teknologi gasifikasi ini adalah kandungan tar yang tinggi dan debu pada gas hasil gasifikasi, tar adalah kondensat hidrokarbon kompleks yang tidak diinginkan karena berbagai fenomena yang melibatkan kondensasi, pembentukan tar aerosol, dan polimerisasi untuk membentuk struktur yang lebih kompleks, semua menyebabkan masalah utama pada proses peralatan serta mesin dan turbin yang menggunakan gas produser. Jumlah tar yang terbentuk pada proses gasifikasi, berbeda tergantung pada jenis tipe gasifier. Pada jenis updraft gasifier tar yang terbentuk cukup besar yaitu 10 sampai dengan 20% dari *feed* (bahan bakar) hal ini dikarenakan tar mulai terbentuk pada daerah pirolisis pada temperatur rendah 200-500°C didalam reaktor dan tidak sempat untuk dikonversi kedalam bentuk gas, sedangkan untuk tipe downdraft gasifier kandungan tar yang terbentuk lebih kecil yaitu < 1g/Nm³ karena tar terbentuk setelah zona pengeringan (*drying*) pada temperatur rendah 200 - 500°C dan mengalir melewati zona pembakaran sehingga sebagian besar tar terbakar berubah menjadi gas. Pada tipe fluidized bed gasifier kandungan tar yang terbentuk jumlahnya berada diantara updraft, downdraft gasifier yaitu rata-rata 10 mg/Nm³ karena pada tipe ini kontak bahan bakar dan medium gasifikasi sangat baik diseluruh *bed*, sehingga oksigen dalam udara (udara sebagai medium gasifikasi) yang masuk reaktor akan langsung kontak dengan bahan bakar yang mengalami pirolisis. Tar yang di lepaskan selama proses

pirolisis, akan terbakar dan bergerak keatas meninggalkan *bed* bersama dengan gas produser keluar reaktor.

Sedangkan untuk tipe entrained flow gasifier produksi tar dapat diabaikan karena pada tipe ini apa saja yang terbentuk akan mengalir melalui zona dengan temperatur yang sangat tinggi sehingga hampir semua dikonversi menjadi gas (Basu, 2010).

Menurut Manyà (2006), terkait dengan aplikasi gas produser, kandungan tar diharapkan seminimal mungkin, namun batas maksimum kandungan tar yang diijinkan sangat tergantung pada jenis proses dan aplikasi pengguna akhir.

2.2.2 Medium gasifikasi

Pada proses gasifikasi diperlukan gas pendorong/agen gasifikasi, yang berfungsi sebagai reaktan dan medium gasifikasi. Agen gasifikasi bereaksi dengan karbon padat dan hidrokarbon, untuk mengubah kedalam bentuk gas yang memiliki berat molekul yang rendah seperti CO dan H₂. Agen gasifikasi utama yang umum digunakan pada proses gasifikasi adalah udara, *steam* dan oksigen murni, sedangkan agen gasifikasi lainnya seperti CO₂ dan H₂ masih dalam studi (Badeau dan levi,2009).

Nilai kalor dan komposisi dari gas produser/gas hasil gasifikasi, sangat tergantung pada agen gasifikasi yang digunakan pada proses gasifikasi seperti yang ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2.2 : Heating Value for Product Gas Based on Gasifying Medium

Medium	Heating Value (MJ/Nm ³)
Air	4 - 7
Steam	10 - 18
Oxygen	12 - 28

Sumber : Basu, (2010).

Untuk penggunaan oksigen murni sebagai agen gasifikasi, komposisi gas produser memiliki kandungan CO untuk penggunaan oksigen yang rendah dan CO₂ untuk penggunaan

oksigen tinggi. Bila jumlah oksigen melampaui jumlah stoikiometri proses yang berlangsung menjadi pembakaran.

Jika uap air (*steam*) sebagai agen gasifikasi kandungan gas produser didominasi oleh hidrogen, sedangkan dengan udara sebagai agen gasifikasi kandungan gas hasil menjadi rendah karena adanya nitrogen. Penggunaan kombinasi udara dan uap air (*steam*) sebagai gas pendorong (agen gasifikasi) dimaksudkan untuk meningkatkan kandungan CO dan nilai kalor pada komposisi gas produser (Chaiprasert, 2009).

Penggunaan kombinasi udara dan karbon dioksida sebagai agen gasifikasi dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kandungan CO dari gas produser, karena sesuai dengan reaksi *Boudouard* gas CO₂ akan bereaksi dengan karbon dan menghasilkan CO (Higman dan Van der Burgt, 2008). Sehingga nilai kalor dari gas produser dapat meningkat, disamping itu dengan medium karbon dioksida dapat meningkatkan konversi char dan mengurangi residu gasifikasi. Disisi lain dengan medium karbon dioksida dapat menguraikan tar menjadi H₂ dan CO dengan menggunakan katalis dolomite (Basu, 2010).

Karakteristik bahan bakar yang mempengaruhi kualitas gas produser adalah sebagai berikut :

- a. Kandungan energi bahan bakar. Adalah besar kalor yang dikandung oleh bahan bakar tersebut, untuk bahan bakar biomassa biasanya dinyatakan dengan kalor yang dikandung oleh selulose dari biomassa.
- b. Kelembaban bahan bakar. Sangat mempengaruhi gas produser karena untuk penguapan kandungan air dari bahan bakar dibutuhkan banyak energi, disamping itu penyalaan dan pembakaran menjadi sulit.
- c. Bentuk dan ukuran bahan bakar. Sebagai upaya untuk mengurangi kemungkinan kemacetan penyaluran bahan bakar masuk kedalam reaktor, bentuk dan ukuran bahan bakar harus seragam.

- d. Keseragaman bahan bakar. Keseragaman komposisi bahan bakar mempunyai hubungan yang erat dengan kandungan energi dari bahan bakar, dengan keseragaman bahan bakar maka kualitas gas produser menjadi lebih stabil.
- e. Berat bahan bakar per meter kubik. Berat bahan bakar sangat berhubungan dengan laju pemasukkan bahan bakar kedalam reaktor, yang akan berpengaruh pada lamanya waktu bahan bakar berada didalam reaktor
- f. Kandungan unsur-unsur volatile bahan bakar. Unsur-unsur volatile (yang mudah teruapkan) seperti tar, minyak, air serta gas ikutan lainnya akan mengganggu dan menimbulkan masalah pada pemanfaatan gas produser apabila digunakan didalam mesin penggerak.
- g. Kandungan abu bahan bakar. Kandungan abu yang tinggi akan mengurangi jumlah energi yang dihasilkan oleh bahan bakar.

2.2.3 Tahapan proses gasifikasi

Pada umumnya proses gasifikasi melalui empat tahapan proses, yaitu pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi. Pada gasifikasi *fluidized bed* kontak antara padatan dan gas sangat kuat sehingga perbedaan dari empat proses diatas tidak dapat dibedakan, untuk mengetahui proses yang berlangsung pada reaktor/*gasifier* dapat dilakukan dengan membandingkan rentang temperatur untuk masing-masing proses tersebut sebagai berikut :

1. Pengeringan :

Sebagaimana diketahui secara umum biomassa memiliki kandungan air (*moisture*) yang cukup tinggi berkisar diatas 30%. Menurut Basu (2010), setiap kilogram *moisture* pada

biomassa membutuhkan 2260 KJ energi panas dari reaktor untuk penguapan, sehingga untuk biomassa dengan kandungan air tinggi akan sangat merugikan. Pada proses gasifikasi umumnya menggunakan biomassa dengan kandungan 10% sampai dengan 20%, sehingga untuk biomassa yang memiliki kandungan air diatas 20% harus dilakukan proses pengeringan awal sebelum masuk ke reaktor.

Pengeringan (*drying*) merupakan tahap awal dari proses gasifikasi, yang berlangsung pada temperatur diatas 100 °C. Ketika padatan bahan bakar masuk kedalam reaktor, air dalam bentuk *moisture* di permukaan bahan bakar akan menguap sedangkan yang berada didalam akan mengalir keluar melalui pori-pori padatan bahan bakar dan menguap. Proses ini berlangsung secara kontinu hingga mencapai temperatur sekitar 200 °C dan bersifat menyerap panas (endotermik).

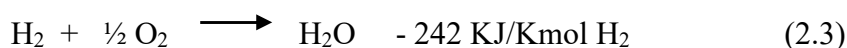
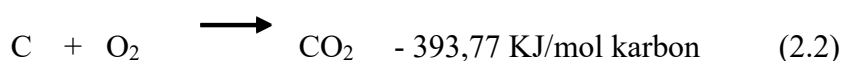
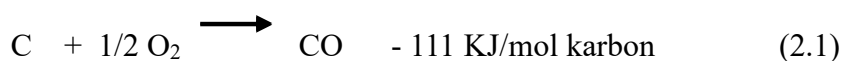
2. Pirolisis/Devolatilisasi :

Setelah proses pengeringan, bahan bakar mulai mengalami dekomposisi, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat ringan (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* merupakan hasil dari proses devolatilisasi umumnya terdiri dari tiga jenis , yaitu : gas ringan (CO, H₂, CO₂, H₂O dan CH₄), tar dan arang (*char*). Menurut turare (2002) perbandingan dari tiga jenis hasil pirolisis/devolatilisasi tergantung pada komposisi bahan bakar dan kondisi operasi, dan nilai kalor dari gas yang dihasilkan selama proses pirolisis/devolatilisasi pada gasifikasi biomassa berkisar 3,5 sampai dengan 8,9 MJ/m³.

Menurut Basu (2010), pada proses pirolisis/devolatilisasi yang berlangsung lambat akan membentuk arang (*char*) dalam jumlah banyak, sedangkan pada proses pirolisis yang berjalan cepat akan terjadi pengurangan oksigen dan kemungkinan terbentuk hidrocarbon cair yang lebih banyak. Rangkaian reaksi fisik dan kimia berlangsung lambat pada temperatur dibawah 350 °C dan berjalan semakin cepat pada temperatur sekitar 700 °C, proses ini bersifat menyerap panas (endotermik).

3. Oksidasi :

Oksidasi atau pembakaran arang merupakan reaksi penting yang terjadi di dalam reaktor/gasifier, dimana tar, gas dan arang (*char*) hasil tahap pirolisis akan teroksidasi oleh oksigen yang dimasukkan kedalam reaktor. Proses ini bersifat melepas panas (eksotermik) yang berlangsung pada temperatur berkisar 700 °C sampai dengan 1500 °C, dan panas yang dihasilkan dari reaksi ini digunakan untuk proses pengeringan, pirolisis dan reduksi yang bersifat endotermik. Menurut (Basu, 2006) reaksi pembakaran sebagai berikut :



4. Reduksi:

Reduksi atau gasifikasi merupakan rangkaian reaksi yang bersifat endotermik dengan mengambil panas dari hasil oksidasi/pembakaran, dimana reaksi ini terjadi pada kisaran temperatur 800 °C sampai dengan 1100 °C . Produk yang dihasilkan dari proses ini adalah gas yang memiliki nilai kalor/gas bakar, seperti H₂, CO, dan CH₄ dan reaksi yang umum terjadi pada proses gasifikasi ini adalah sebagai berikut :

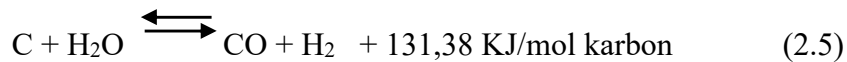
- *Boudouard reaction*

Reaksi ini merupakan reaksi antara karbon dioksida yang terdapat di dalam reaktor dan arang (*char*) untuk menghasilkan CO dengan reaksi sebagai berikut :



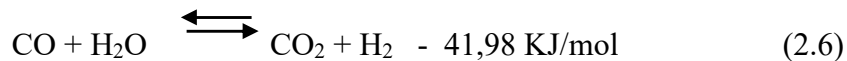
- *Water gas reaction*

Merupakan reaksi oksidasi parsial karbon oleh uap air yang dapat berasal dari bahan bakar itu sendiri maupun dari sumber lainnya, reaksi tersebut sebagai berikut :



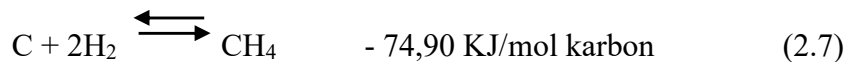
- *Shift conversion*

Merupakan reaksi reduksi dari uap oleh karbon monoksida untuk menghasilkan hydrogen, reaksi ini merupakan reaksi endotermik yang dikenal dengan *water-gas shift*. Hasilnya akan meningkatkan perbandingan hydrogen dan karbon monoksida pada gas, yang diperlukan untuk memproduksi gas sintetik, dengan reaksi sebagai berikut :



- *Methanation reaction*

Adalah reaksi pembentukan gas metan dengan reaksi sebagai berikut :



Menurut Higman dan Burgt (2008), secara umum dari reaksi diatas (2.1), (2.4), (2.5) dan (2.7) menggambarkan empat reaksi pada proses gasifikasi bahan bakar biomass. Reaksi *Boudouard* (2.4) merupakan reaksi penting untuk menghasilkan gas CO murni, ketika proses gasifikasi karbon murni dengan oksigen atau campuran gas CO₂. Reaksi (2.5) merupakan reaksi yang mendominasi pada *water gas process*, sedangkan reaksi (2.7) adalah dasar dari seluruh hidrogenisasi pada proses gasifikasi. Akan tetapi kebanyakan proses gasifikasi berjalan pada suatu kesetimbangan antara reaksi oksidasi parsial (2.1) dan water gas reaction (2.5).

2.2.4 Aplikasi gas hasil gasifikasi

Melalui teknologi gasifikasi berbagai manfaat dapat diperoleh, sebagai contoh aplikasi

gas hasil gasifikasi biomassa, diantaranya digunakan sebagai pemanas, bahan bakar boiler, sebagai *flue gas* pada alat pengeringan dan pada skala besar sebagai bahan bakar mesin penggerak generator pembangkit listrik (Szwaja dan Cupial, 2010). Salah satu contoh modifikasi yang dilakukan pada mesin diesel penggerak generator agar dapat menggunakan dua jenis bahan bakar yaitu bahan bakar diesel dan gas hasil gasifikasi (Affendi, 2010).

Untuk saat ini teknologi gasifikasi di Indonesia akan dikembangkan, khususnya untuk bahan bakar padat seperti batu bara dengan teknologi IGCC (*Integrated Gasification Combined Cycle*) seperti pada gambar dibawah. Pengembangan yang dilakukan terfokus pada teknik gasifikasi batu bara, dengan harapan dapat meminimalkan dampak lingkungan pada pemanfaatan batubara untuk pembangkit listrik dalam skala besar.

2.3 Gasifikasi *Fluidized Bed*

Pada penelitian ini, teknik gasifikasi yang akan digunakan adalah gasifikasi dengan *Bubbling Fluidized Bed Gasifier* (BFBG), karena keunggulan yang dimiliki untuk tipe ini. Khususnya dapat digunakan untuk mengolah bahan bakar kualitas rendah dengan kandungan abu tinggi, sehingga cocok digunakan untuk meningkatkan kualitas bahan bakar bernilai rendah.

Pada proses konversi energi dengan teknologi gasifikasi *Fluidized Bed*, awalnya ruang bakar dipanasi secara eksternal sampai mendekati temperatur kerja reaktor. Media gasifikasi (*bed material*) yang umum digunakan untuk mengabsorpsi panas adalah pasir silika. Pasir silika dan bara api bahan bakar akan mengalami turbulensi di dalam ruang bakar sehingga keseragaman temperatur sistem terjaga. Kondisi ini menyebabkan proses konversi energi dapat berlangsung dengan baik. Disamping itu dengan bidang kontak panas yang luas disertai turbulensi partikel fluidisasi yang cepat, menyebabkan FBG teknologi bisa diaplikasikan untuk mengkonversi segala jenis bahan bakar, bahkan dengan ukuran yang tidak seragam.

Kualitas fluidisasi adalah faktor paling utama yang mempengaruhi efisiensi sistem gasifikasi *Fluidized Bed*, keseragaman temperatur adalah hal yang sangat penting untuk menjaga kestabilan pembakaran, disamping itu juga berguna untuk mengurangi emisi dari polutan seperti hidrokarbon dan NO_x sebagai akibat hasil pembakaran yang tidak sempurna.

Proses ini berlangsung pada temperatur operasi dibawah temperatur leleh abu, sehingga untuk menghilangkan abu pada proses gasifikasi jenis ini menjadi mudah. Hal ini yang menyebabkan gasifikasi *Fluidized Bed* sangat cocok digunakan untuk pengolahan bahan bakar padat yang mempunyai kandungan abu yang tinggi, disamping temperatur operasi yang relatif rendah.

2.4 Penelitian Yang Sudah Dilaksanakan

Teknologi penggunaan energi biomassa dan sampah sebagai bahan bakar telah berkembang pesat salah satunya diterapkan pada sistem *fluidized bed* (FB). Bahan bakar biomassa yang berasal dari bahan organik terbarukan adalah salah satu sumber energi terbesar ketiga di dunia, setelah batubara dan minyak. Teknologi FB telah terbukti sebagai cara yang efektif untuk mengkonversi berbagai limbah menjadi energi bersih.

Manjádkk, (2006) melakukan penelitian tentang pengaruh waktu tinggal gas dan rasio udara pada gasifikasi dari limbah lumpur kering (*dried sewage sludge*) dengan *bubbling fluidized bed*, penelitian dilakukan dengan skala laboratorium *bubbling fluidized bed* reaktor dan dilatar belakangi karena minimnya informasi tentang gasifikasi *sewage sludge* dengan menggunakan *bubbling fluidized bed* (BFB). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa, komposisi gas hasil/*syn-gas* (H_2 , CO , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6) menunjukkan tren yang sama, ini indikasi bahwa komposisi gas hasil diatas dipengaruhi oleh keduanya yaitu nilai rasio udara (λ) dan ketinggian *bed*. Dengan meningkatnya rasio udara (λ) maka konsentrasi masing-masing gas tersebut menurun, disisi lain dengan meningkatnya ketinggian *bed* konsentrasi gas tersebut meningkat.

Nowicki dkk, (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh jenis medium pada proses gasifikasi *sewage sludge*, dimana tujuan penelitian ini untuk mendapatkan gambaran dari proses thermal *sewage sludge* dengan medium gasifikasi yang berbeda yaitu menggunakan gas argon, karbon dioksida dan oksigen. Dari hasil pengujian untuk gasifikasi *sewage sludge* dengan medium gasifikasi CO₂, didapat bahwa profil pirolisis dan gasifikasi pada medium CO₂ sangat mirip sampai dengan temperatur 600°C yang ditunjukkan dengan tahapan reaksi yang sama untuk kedua jenis medium gasifikasi ini. Diatas temperatur ini pengaruh dari *char* proses gasifikasi jelas terlihat.

Penelitian lainnya perhatian bergeser pada kajian karakteristik fluidisasi seperti pola gelembung, perilaku partikel, perpindahan panas dan massa, serta emisi gas buang yang dihasilkan. *Computational fluid dynamic* (CFD) merupakan suatu media/alat yang digunakan untuk menganalisa berbagai perilaku aliran di berbagai aplikasi industri. Pemodelan menggunakan CFD sangat membantu mengingat sangat sulit untuk dideskripsikan secara non-visual pada peralatan skala besar terutama pada pola aliran, distribusi panas dan tidak menutup kemungkinan dikembangkan terhadap komposisi gas buang. Pemodelan hidrodinamika pada sistem *multiphase* partikel-gas dengan model Eulerian menggunakan CFD telah menunjukkan kesesuaian pendekatan *fluidized bed reactor*. Teori kinetik aliran granular (butiran-butiran kecil) mengindikasikan suhu butiran (partikel) yang sebanding dengan energi kinetik dari pergerakan kecepatan komponen partikel. Untuk model partikel padat sebagai pemisah *fluid* (udara), parameter seperti tekanan padatan dan viskositas dapat diperoleh dari teori granular. Goldschmidt dkk., 2001, membandingkan model partikel *hardsphere* (bulatan padat) dengan model dua fluida yang menggunakan persamaan energi kinetik kemudian dibandingkan dengan data eksperimental yang sesuai. Hasil mereka menunjukkan CFD dengan baik memprediksi perilaku fluidisasi seperti kecenderungan ukuran gelembung dan peningkatan tinggi hamparan (*bed*), sedangkan dinamika hamparan

menunjukkan hasil berbeda dengan eksperimen.

Behjat dkk., 2008, meneliti perilaku gas-padat *fluidized bed*. Mereka menggunakan model Syamlal-O'Brien dan Gidaspow untuk memprediksi ukuran gelembung dan pola aliran. Hasilnya menunjukkan partikel dengan diameter lebih kecil memiliki fraksi volume lebih rendah pada bagian bawah hampan dan fraksi volume lebih tinggi pada bagian atas hampan.

Pengusul (Winaya, 2010) telah melakukan kajian terhadap kelayakan, karakteristik fluidisasi dan perpindahan panas menggunakan limbah *sewage sludge* perhotelan. Dari analisis proksimat dan ultimat yang dilakukan didapat bahwa nilai kalor yang terkandung pada bahan bakar cukup tinggi dengan nilai volatil yang sangat tinggi yaitu sekitar 90%. Karakteristik fluidisasi sangat dipengaruhi oleh densiti partikel *sewage sludge* tersebut.

Pengusul (Winaya, dkk., 2011) melanjutkan studi tentang bahan bakar *sewage sludge* perhotelan pada sistem gasifikasi *fluidized bed* skala laboratorium. Penelitian dilakukan pada temperatur kerja reaktor 500 °C dan 600 °C, pada tekanan 1 atm dengan campuran udara dan CO₂ sebagai agen gasifikasi. Temperatur kerja reaktor sangat mempengaruhi komposisi gas produser, dengan semakin tinggi temperatur reaktor kandungan HC menurun tetapi kandungan CO, CO₂ meningkat. Profil temperatur reaktor bervariasi yang dipengaruhi oleh besarnya laju agen gasifikasi.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan maka timbul suatu gagasan untuk menggunakan sampah kota Denpasar yang diambil dari TPA Suwung sebagai bahan bakar. Mengingat karakteristik sampah sangat berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lain, maka penelitian diawali dengan pengujian karakteristik fluidisasi bahan bakar dan *output* akhir penelitian adalah sebuah rekomendasi kelayakan bahan bakar sampah kota Denpasar sebagai bahan bakar sistem gasifikasi *fluidized bed* yang detailnya akan dijelaskan pada bab berikut.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat pengambilan sampel

Tempat pengambilan sampel adalah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Suwung terletak di koordinat: $8^{\circ}43'19''S$ $115^{\circ}13'14''E$ yang masuk wilayah Desa Suwung Kauh Kecamatan Denpasar Selatan dengan batas-batas sebagai berikut: sebelah Utara: sawah, sebelah Timur: Jalan ke Pulau Serangan, sebelah Selatan: hutan bakau, dan sebelah Barat: lokasi penggaraman. TPA Suwung merupakan TPA terbesar di Bali dimana luasnya saat ini mencapai 40 ha setelah dilakukannya perluasan dari 22 ha pada areal hutan bakau akibat volume sampah yang masuk dari daerah Tuban dan Kuta melebihi kapasitas.



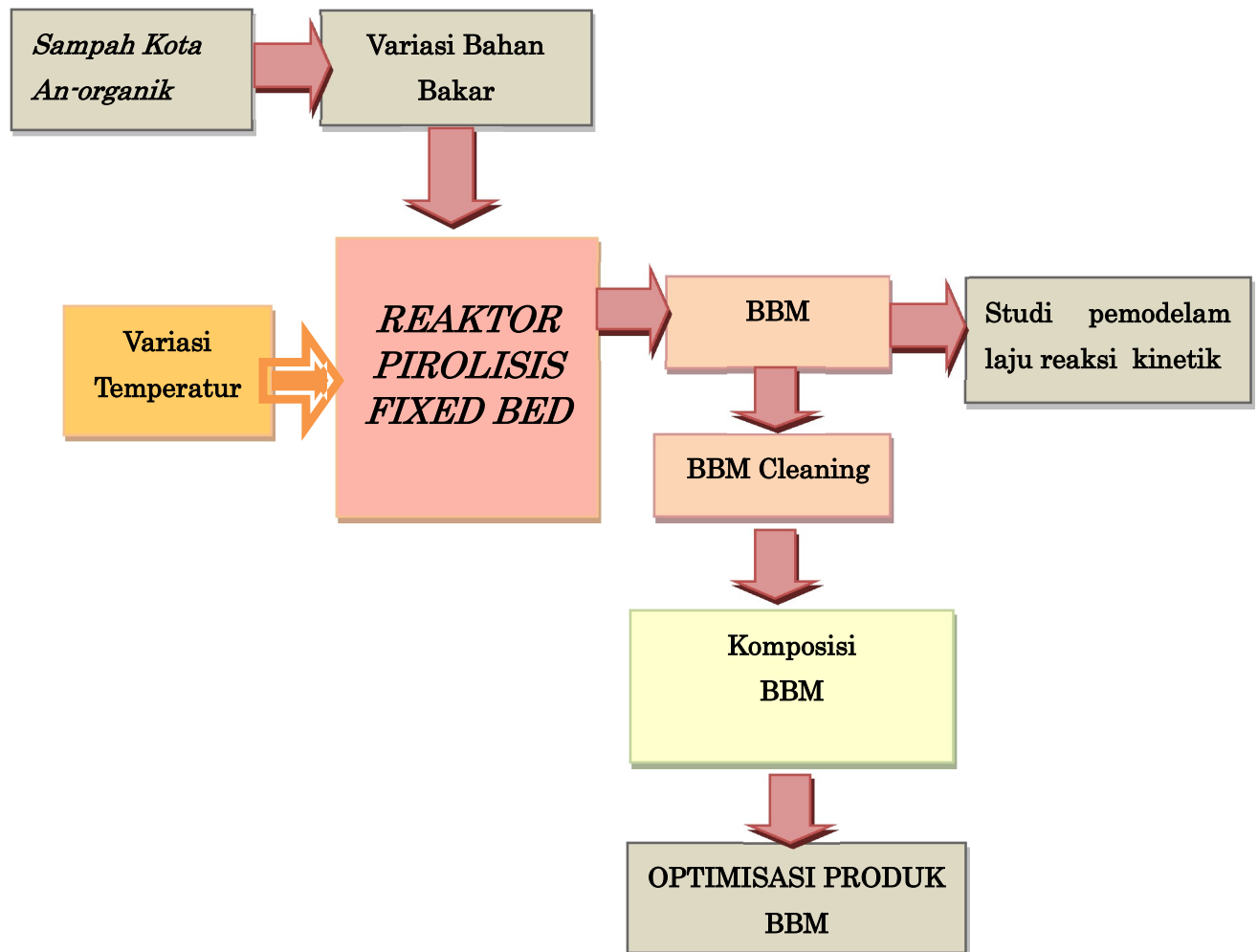
Gambar 3.1. Sumber dan tumpukan sampah di TPA Suwung; organik dan an-organik



Gambar 3.2 Denah lokasi TPA Suwung

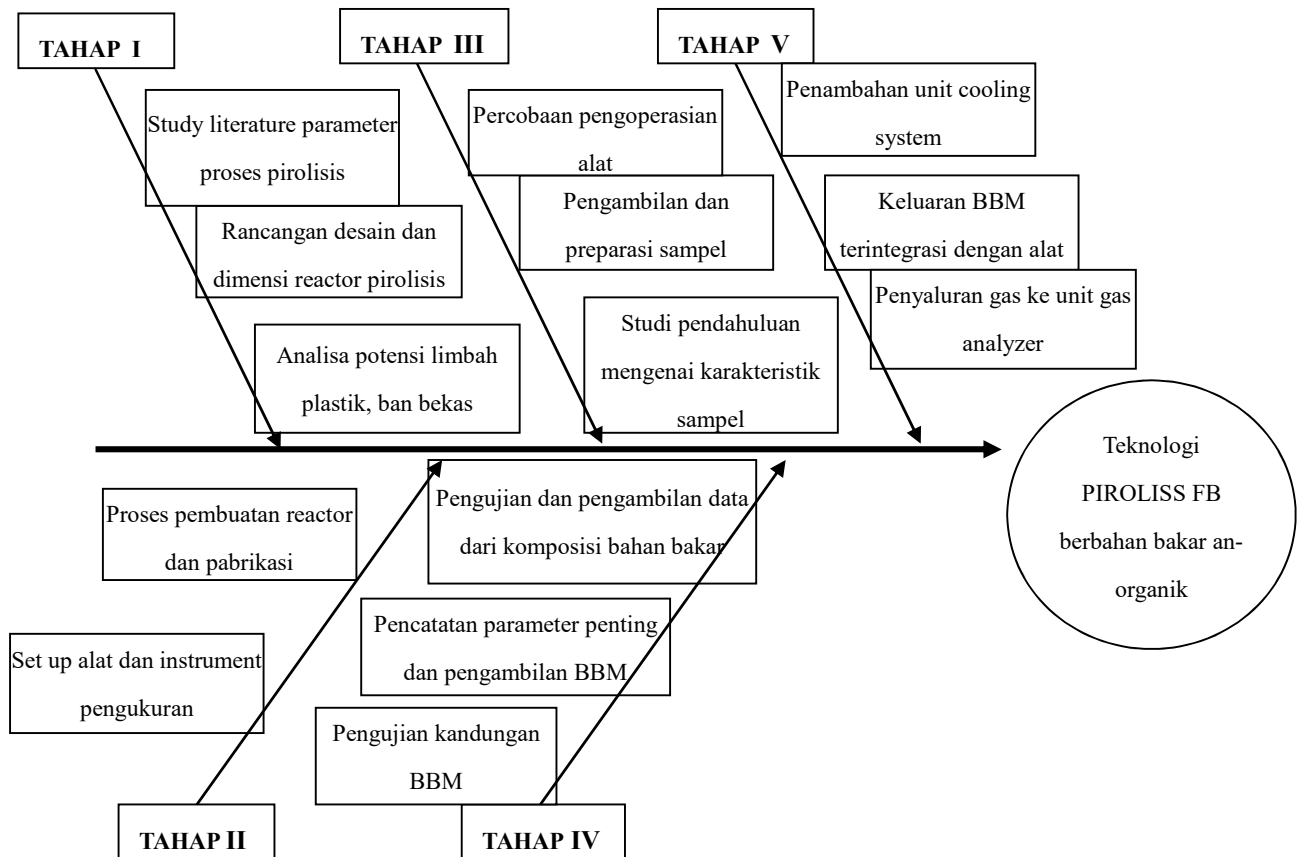
3.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan pemodelan dengan skema rancangan penelitian seperti pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.3. Skema penelitian

Selanjutnya skema penelitian tersebut dijabarkan menjadi beberapa tahap penelitian yang dikembangkan dalam fishbone diagram sebagaiberikut:



Gambar. 3.4. Fishbone diagram penelitian

3.3. Rancangan Penelitian Tahun Pertama

Pada tahun pertama, dilakukan beberapa kegiatan penelitian antara lain:

- *Survei dan sampling sampah Kota Denpasar dari TPA Suwung*
- *Karakterisasi sampah kota (data primer dan sekunder)*
- *Merancang reaktor pirolisis fixed bed*
- *Merancang komponen sistem pendingin, liquid handling dan gas holder*
- *Menguji performansi alat pirolisis fixed bed*

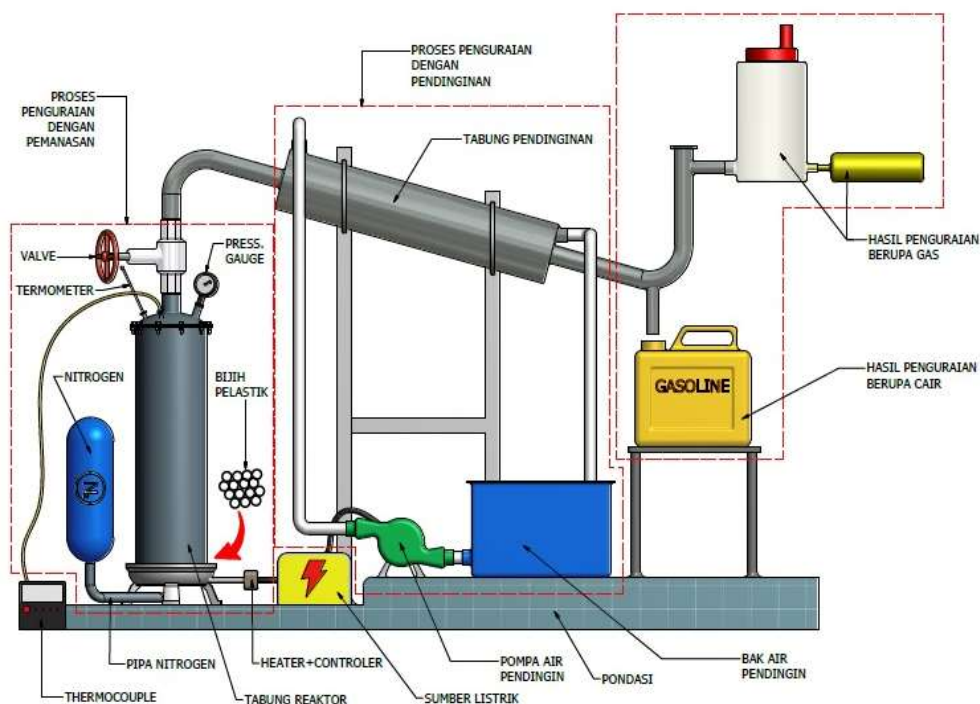
Skema prototipe alat pengujian *unit reaktor pirolisis fixed bed (PFB)* seperti pada gambar 3.4, dengan disain skala laboratorium dan spesifikasi alat sebagai berikut :

Adapun spesifikasi FBG adalah :

- Diameter : 15 cm
- Tinggi reaktor : 40 cm
- Volume : 395c m³

Pada pengujian penelitian ini menggunakan alat pirolisis yang ada di Lab. Teknik Energi, Fakultas Teknik Universitas Udayana, menggunakan reaktor tipe updraft untuk plastik dan ban bekas

Pada proses pirolisis dengan menggunakan teknologi fixed bed, reaktor dipanaskan secara eksternal sampai dengan variasi suhu 300, 400, 500°C, gas nitrogen digunakan untuk mensterilkan reaktor dari gas oksigen karena pada proses pirolisis tidak boleh ada gas oksigen sedikitpun. Setelah reaktor mencapai temperatur yang diinginkan, bahan bakar yang sudah dipotong dan ditimbang sebelumnya, dimasukan ke dalam reaktor fixed bed. Kemudian gas nitrogen dimasukan ke dalam reaktor.



Gambar 3.5 Skematik Peralatan Eksperimen Pirolisis *Fixed Bed* (PBF)

Gas hasil pembakaran bahan bakar akan mengalir ke atas dan mengalir melalui pipa pendingin yang sudah didesain terendam di dalam pipa yang lebih besar berisikan air dingin. Air dingin yang berada di pipa besar dibuat bersirkulasi dengan bantuan pompa. Setelah gas didinginkan, untuk kualitas gas yang kurang baik akan mencair dan akan menetes pada keran pertama, sedangkan untuk gas yang kualitasnya baik akan mengembun naik lalu akan berkumpul di tabung dan mentes melalui keran ke dua. Lalu hasil cairan akan di uji untuk mengetahui kandungan yang ada di dalamnya.

Pada unit *fluidized bed gasifier* terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut :

1. Reaktor (*gasifier*)

Merupakan bagian terpenting yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses gasifikasi *sewage sludge* dengan media gasifikasi/ material *bed* pasir silika. Bahan yang digunakan untuk membuat reaktor adalah *stainless steel* SC 80 yang tahan panas sampai suhu 700 °C.

2. Pemanas (*Heater*)

Berfungsi untuk memanaskan reaktor secara eksternal untuk mendapatkan temperatur kerja reaktor. *Heater* ini dibuat dari kawat *nikelen* dan dililitkan pada dinding luar reaktor dengan tinggi 50 cm, dimana *heater* ini dibagi menjadi 4 (empat) bagian dengan panjang masing – masing bagian adalah 35 cm serta membutuhkan daya sebesar 500 WATT 220V AC.

3. Isolator

Isolator digunakan pada seluruh sisi luar dinding reaktor dengan tinggi 70 cm, berfungsi untuk menjaga panas heater agar tidak terbang ke udara sekelilingnya sehingga pemanasan reaktor dapat berjalan efektif. Bahan isolator yang digunakan adalah *glass-wool* dan aluminium *foil*.

4. *Fuel feeder*

Merupakan tempat saluran masuk pelet bahan bakar sampah kota, yang terletak pada bagian atas reaktor (fuel feeder 1).

5. Filter

Pada saluran keluar gas produser setelah reaktor dipasang *filter* untuk menyaring kotoran/abu yang ikut terbawa oleh gas produser.

6. Pendingin (*Cooling*)

Temperatur gas produser keluar reaktor masih mempunyai temperatur yang cukup tinggi, oleh karena itu terlebih dahulu harus didinginkan sebelum masuk ke alat gas *analyzer*.

Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, dimulai dari melakukan persiapan awal seperti mempersiapkan alat uji dan alat ukur, disamping itu juga dilakukan pengujian laboratorium pasir silika yang akan digunakan sebagai media gasifikasi. Hal lain yang juga dipersiapkan diawal adalah pembuatan sampel sampah kota yang dimulai dari pengambilan sampel, pengeringan dan pembuatan pelet termasuk melakukan pengujian laboratorium kandungan sampah kota. Langkah berikutnya melakukan persiapan untuk melakukan pengujian dan pengambilan data, pengolahan data dan pembuatan laporan seperti yang digambarkan pada diagram alir dibawah ini;

Adapun langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Siapkan semua peralatan bantu pengujian dan pastikan tempat melakukan penelitian bersih dan udara sekitar tempat penelitian bebas dari asap yang bukan dari unit FBC serta sirkulasi udara dalam keadaan baik.
2. Hembuskan gas nitrogen (N_2) untuk menetralsir keadaan di dalam *reactor*.
3. Panaskan ruang bakar dengan *heater* dengan variasi sampai temperatur $300^{\circ}C$, $400^{\circ}C$, $500^{\circ}C$.
4. Masukkan plastik polipropilena yang sudah dijadikan pelet sebagai bahan bakar.
5. Hembuskan gas N_2 (nitrogen).

6. Nyalakan pompa untuk mensirkulasi air pendingin pada sistem pendingin.
7. Tampung minyak hasil pirolisis pada wadah.
8. Kemudian catat hasil minyak di dalam tabel.
9. Analisa hasil pirolisis dengan prosedur yang sudah ditetapkan di atas.

Dari penelitin tahun pertama yang telah dilakukan tentang pengaruh variasi komposisi campuran bahan bakar berupa limbah ban bekas dengan plastik terhadap performansi pirolisis disimpulkan bahwa :

- ❖ Hasil liquid tertinggi terdapat pada variasi massa 60% ban bekas : 40% plastik yaitu sebesar 430ml, karena pada variasi ini komposisi plastik yang lebih banyak menambah volume liquid yang dihasilkan. plastik lebih cepat menguap dibandingkan dengan ban bekas.
- ❖ Variasi massa 60% ban bekas : 40% plastik menunjukkan efisiensi tertinggi yaitu sebesar 44,86%. Banyaknya komposisi plastik pada variasi ini meningkatkan jumlah liquid yang dihasilkan dan arang yang paling rendah sebesar 400gram dikarenakan Titik leleh plastik yang lebih rendah dari ban bekas.

BAB IV. PEMB IAYAAN (DALAM RIBUAN RUPIAH)

Rincian anggaran pembiayaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Rincian anggaran yang diusulkan

JENIS PENGELUARAN	RINCIAN ANGGARAN YANG DIUSULKAN	
	I	II
Pelaksana (Gaji/Upah)	15.000	15.000
Peralatan	20.000	20.000
Bahan habis pakai	500	500
Perjalanan	6.000	6.000
Pemeliharaan alat	2.500	2.500
Lain-lain	6.000	6.000
Total	50.000	50.000
Total keseluruhan Anggaran	100.000.000,- (Seratus Juta Rupiah)	

DAFTAR PUSTAKA

- Badeau, P.J dan Levi, A. 2009. Biomass Gasification : Chemistry, Processes and Applications, New York : Nova science.p.
- Basu, P. 2006. Combustion and Gasification in Fluidized Beds, Second Edition. USA: Taylor and Francis Group LLC CRC Press.p 25,32,33,61,66,67,75.
- Basu, P. 2010. Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Teory, USA: Elsevier.p 97-100; 104,110,120,176,195.
- Behjat, Y., Shahhosseini, S. and Hashemabadi, S. H., 2008, CFD Modeling of Hydrodynamic and Heat Transfer in Fluidized Bed Reactors, International Communications in Heat and Mass Transfer, 35, pp. 357-368.
- Chaiprasert,P., Vitidsant,T., 2009. Promotion of coconut shell gasification by steam reforming on nickel-dolomite, American Journal of Applied Science 6 (2): 332-336.
- Ciferno JP., Marano JJ. 2002. Benchmarking Biomass Gasification Technologies for Fuels, Chemicals and Hydrogen Production. U.S department of Energy, National Energy Technology Laboratory.
- Damanhuri, 2003. Permasalahan Dan Alternatif Teknologi Pengelolaan Sampah Kota Di Indonesia, Prosiding Seminar Teknologi untuk Negeri 2003, Vol. 1, hal 394 – 400/HUMAS-BPPT/ANY.
- Elykurniawati, 2009. Pemanfaatan Blotong Menjadi Bahan Bakar Cair dan Arang dengan Proses Pirolisis. Surabaya, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
- Higman, C dan Van derBurgt, M. 2008. Gasification, second edition. USA: Elsevier. p.12-13.
- Himawanto, D.A., 2010. Pengaruh Heating Rate Pada Proses Slow Pirolisis Sampah Bambu Dan Sampah Daun Pisang, Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Loo, S.V dan Koppejan, J., 2008. The Handbook of biomass Combustion and Co-firing. London : Eartscan. p.8
- Manyà, J. J., Sánchez, J. L., Javier Ábrego Gonzalo, J. A., Arauzo, J., 2006. Influence of Gas Residence Time and Air Ratio on The Air Gasification of Dried Sewage Sludge in a Bubbling fluidized Bed, Fuel 85: p.2027-2033.
- Moinuddin K.A.M., 2012. *Effects of Variation In Heating Rate, Sample Mass and Nitrogen Flow on Chemical Kinetics for Pyrolysis*, 18th Australasian Fluid Mechanics Conference.
- Nowicki, L., Bedyk, T., Stolarek, P., Ledakowicz, S., 2008. Effect of Type of Gaseous Atmosphere on Sewage Sludge Gasification, proceeding of ECOpole, vol. 2,No.1
- Qonita Rachmawati, 2014. Pengolahan Sampah Secara Pirolisis Dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Turare, C., 2002. Biomass Gasification - Technology and Utilisation, ARTES Institute Glucksburg, Germany. p11-14.

Winaya I.N.S., Kajian Limbah Sewage sludge Perhotelan untuk Bahan Bakar dengan Fluidized Bed, Proseding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan (KNEP) 2010 : p.39-44.

Winaya I N . S. Sucipta M., Subagia A. I W., Pengaruh Variasi Agen Gasifikasi Gas Karbon Dioksida dan Temperatur Kerja Reaktor terhadap Komposisi Gas Produser pada Gasifikasi Sewage Sludge, Pros. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM X) 2-3 Nop. 2011 Malang.

<http://www.balipost.co.id/mediadetail.php?module=detailberitaindex&kid=10&id=61404>
Berita Kota 25 Januari 2012.

JADWAL PELAKSANAAN

Jadwal pelaksanaan untuk tahun I dapat dilihat seperti di bawah;

Tabel 2. Jadwal penelitian untuk Tahun I

No.	Kegiatan	Bulan									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	Pengumpulan data teknis limbah padat	■	■	■							
2	Desain dan perancangan alat <i>PFB</i> dan komponen-komponen pendukungnya	■	■	■	■	■					
3	Perakitan alat <i>PFB</i> dan komponen - komponen pendukungnya				■	■	■				
4	Uji sampel bahan bakar dan analisis data						■	■			

5	Uji performansi reaktor PFB										
6	Penyusunan dan Penyerahan laporan										

LAMPIRAN-LAMPIRAN

1. JUSTIFIKASI PENGGUNAAN ANGGARAN

ANGGARAN TAHUN PERTAMA

RINCIAN ANGGARAN PENELITIAN TAHUN I (RIBUAN RUPIAH)

A. 1 Upah / Honor

a. Ketua	: 1 x 4 x 10 x 15 x Rp. 10,000	= Rp. 6,000;
b. Anggota	: 2 x 4 x 10 x 10 x Rp. 10,000	= Rp. 8,000;
c. Teknisi	: 1 x 4 x 10 x 10 x Rp. 2,500	= Rp. 1,000;
Sub Total		= Rp.15,000;

B.1 Anggaran untuk bahan dan peralatan

No.	Nama Alat	Spesifikasi/ Volume	Kegunaan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Kerangka/dudukan	1 unit	Peralatan bantu untuk mendukung seluruh sistem	1,500	1,500
2.	Cold bed unit (Konstruksi Rakitan)	1 unit	Tempat berlangsungnya gasifikasi	3,500	3,500
3.	Pompa	2 buah	Pemanas eksternal	250	500
4.	Plat distributor	1 buah	Pendistribusi gas fludisasi	500	500
5.	Software CFD	Digital/1 unit	Pengukur aliran fluida	7,500	7,500
6.	Pressure gauge	4 unit	Pengukur tekanan	250	1,000
7.	Pasir silika	20 kg	Penyambung	25	500
8.	Kompresor	1 buah	Sirkulasi gas	1,000	3,000
Total					19,500

C1. Bahan habis pakai

1. Spidol-white board, spidol permanen, lem, pensil	= Rp. 150;
2. CD, tinta, kertas, flash disk	= Rp. 350;
Sub Total	= Rp. 500;

D1. Anggaran untuk perjalanan

No.	Nama/Tempat Tujuan	Volume	Tujuan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Lokal	2 paket	Survey dan membeli alat	1000	2,000
1.	Indonesia	1 paket	Seminar Nasional	4,000	4,000

Total	6,000
-------	-------

E1. Anggaran untuk pemeliharaan alat

No.	Barang	Volume	Kegunaan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Komputer	2 kali	Pencatatan data dan pelaporan	250	500
2.	Kamera	1 kali	Dokumentasi	500	500
3.	Kerusakan alat	10 item	Penggantian	150	1,500
Total					2,500

F1. Lain-lain

No.	Kegiatan	Volume	Tujuan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Diskusi	4 kali	Pertemuan rutin	250	1,000
2.	Administrasi praktikum	2 kali	Dokumentasi	500	1,000
3.	Seminar hasil	1 kali	Publikasi	3,000	3,000
4.	Jurnal nasional	1 kali	Publikasi	1,000	1,000
Total					6,000

ANGGARAN TAHUN KEDUA

RINCIAN ANGGARAN PENELITIAN TAHUN I (RIBUAN RUPIAH)

A.2 Upah / Honor

- a. Ketua : 1 x 4 x 10 x 15 x Rp. 10,000 = Rp. 6,000;
- b. Anggota : 2 x 4 x 10 x 10 x Rp. 10,000 = Rp. 8,000;
- c. Teknisi : 1 x 4 x 10 x 10 x Rp. 2,500 = Rp. 1,000;
- Sub Total = Rp.15,000;

B2. Anggaran untuk bahan dan peralatan

No.	Nama Alat	Spesifikasi/ Volume	Kegunaan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Reaktor gasifier (Konstruksi Rakitan), siklon dan cooling system	1 unit	Tempat berlangsungnya gasifikasi	6,500	6,500
2.	Heater Resistance	20 buah	Pemanas eksternal	100	2,000
3.	Plat distributor	1 buah	Pendistribusi gas fludisasi	500	500
4.	Thermocouple Digital plus software	1 buah	Untuk mengukur temperatur	8,000	7,000

5.	Silinder gas	2 unit	Penampung gas	50	1,000
6.	Selang udara	Tahan panas/ 20 meter	Pendistribusi udara/gas	40	800
7.	Valve dan konektor	20 buah	Penyambung	10	200
8.	Fuel Feeder	1 unit	Untuk memasukkan sampel bahan bakar	1,500	1,500
9.	Filter dan isolasi wol	10 kg	Penahan panas	50	500
Total					20,000

C2. Bahan habis pakai

1. Spidol-white board, spidol permanen, lem, pensil = Rp. 150;
 2. CD, tinta, kertas, flash disk = Rp. 350;
-
- Sub Total = Rp. 500;

D2. Anggaran untuk perjalanan

No.	Nama/Tempat Tujuan	Volume	Tujuan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Lokal	2 paket	Survey dan membeli alat	1000	2,000
1.	Indonesia	1 paket	Seminar Nasional	4,000	4,000
Total					6,000

E2. Anggaran untuk pemeliharaan alat

No.	Barang	Volume	Kegunaan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Komputer	2 kali	Pencatatan data dan pelaporan	250	500
2.	Kamera	1 kali	Dokumentasi	500	500
3.	Kerusakan alat	10 item	Penggantian	150	1,500
Total					2,500

F2. Lain-lain

No.	Kegiatan	Volume	Tujuan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Diskusi	4 kali	Pertemuan rutin	250	1,000
2.	Administrasi praktikum	2 kali	Dokumentasi	500	1,000
3.	Seminar hasil	1 kali	Publikasi	3,000	3,000
4.	Jurnal Internasional	1 kali	Publikasi	1,000	1,000
Total					6,000

ANGGARAN TAHUN KEDUA

RINCIAN ANGGARAN PENELITIAN TAHUN I (RIBUAN RUPIAH)

A.3 Upah / Honor

a. Ketua	: 1 x 4 x 10 x 15 x Rp. 10,000	= Rp. 6,000;
b. Anggota	: 2 x 4 x 10 x 10 x Rp. 10,000	= Rp. 8,000;
c. Teknisi	: 1 x 4 x 10 x 10 x Rp. 2,500	= Rp. 1,000;
Sub Total		= Rp.15,000;

B3. Anggaran untuk bahan dan peralatan

No.	Nama Alat	Spesifikasi/ Volume	Kegunaan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Reaktor gasifier (Konstruksi Rakitan)	1 unit	Tempat berlangsungnya gasifikasi	7,500	7,500
2.	Heater Resistance	10 buah	Pemanas eksternal	100	1,000
3.	Plat distributor	1 buah	Pendistribusi gas fludisasi	500	500
6.	Thermocouple Digital plus software	1 buah	Untuk mengukur temperatur	8,000	7,000
7.	Silinder gas	2 unit	Penampung gas	50	1,000
8.	Selang udara	Tahan panas/ 20 meter	Pendistribusi udara/gas	40	800
9	Valve dan konektor	20 buah	Penyambung	10	200
12.	Timbangan digital	1 unit	Untuk menimbang masa sampel	1,500	1,500
14.	Isolasi wol	10 kg	Penahan panas	50	500
Total					20,000

C3. Bahan habis pakai

1. Spidol-white board, spidol permanen, lem, pensil	= Rp. 150;
2. CD, tinta, kertas, flash disk	= Rp. 350;
Sub Total	= Rp. 500;

D3. Anggaran untuk perjalanan

No.	Nama/Tempat Tujuan	Volume	Tujuan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Lokal	2 paket	Survey dan membeli alat	1000	2,000
1.	Indonesia	1 paket	Seminar Nasional	4,000	4,000
Total					6,000

E3. Anggaran untuk pemeliharaan alat

No.	Barang	Volume	Kegunaan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Komputer	2 kali	Pencatatan data dan pelaporan	250	500
2.	Kamera	1 kali	Dokumentasi	500	500
3.	Kerusakan alat	15 item	Penggantian	100	1,500
Total					2,500

F3. Lain-lain

No.	Kegiatan	Volume	Tujuan	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1.	Diskusi	4 kali	Pertemuan rutin	250	1,000
2.	Administrasi praktikum	2 kali	Dokumentasi	500	1,000
3.	Seminar hasil	1 kali	Publikasi	3,000	3,000
4.	Jurnal Internasional	1 kali	Publikasi	1,000	1,000
Total					6,000

3. DUKUNGAN SARANA DAN PRASARANA PENELITIAN

3.1 Laboratorium

Penelitian ini akan menggunakan 3 buah laboratorium yaitu (a) laboratorium Konversi Energi (T. Mesin) yang dipakai sebagai tempat merancang, merakit, dan melakukan pengujian (b) laboratorium Kimia yang dipakai untuk pengujian properti bahan bakar sampah dan (c) laboratorium tanah untuk pengukuran fertiliser.

3.2 Peralatan Utama

Peralatan utama pada laboratorium Konversi Energi, Teknik Mesin Universitas Udayana adalah Gas Analyzer yang dipergunakan untuk mengukur berbagai jenis gas hasil pembakaran dan gasifikasi.



Gambar L1. Gas Analyser

Beberapa alat ukur juga tersedia anatara lain;

Komponen pendukung dan alat ukur yang digunakan

Selain unit *fluidized bed gasifier* yang telah dijelaskan diatas, pada pengujian ini juga dibutuhkan komponen pendukung dan alat ukur lainnya sebagai berikut :

1. Tabung gas nitrogen

1 unit tabung gas nitrogen, yang digunakan untuk menetralsir hasil gasifikasi setiap kali selesai melakukan pengambilan data.

2. Tabung gas karbon dioksida

1 unit tabung gas karbon dioksida, yang digunakan sebagai gas pendorong/agen gasifikasi.

3. Kompresor

1 unit kompresor yang digunakan untuk menyediakan udara bertekanan, sebagai gas pendorong/agen gasifikasi.

4. Stop valve

2 unit *stop valve* yang digunakan untuk mengatur laju aliran udara dan gas karbon dioksida yang dimasukkan ke reaktor.

5. *Gas analyzer*

Merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui komposisi gas produser hasil gasifikasi, tipe *Gas analyzer* yang digunakan adalah Air Rex dengan kapasitas laju aliran 2-4 l/dt.

6. *Flow meter.*

Alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran udara dan gas karbon dioksida yang dimasukkan ke reaktor gasifikasi. *Flow meter* yang dipakai dalam penelitian ini sebanyak 2 unit merk Festo tipe SFEZ-BW1 dengan kapasitas 50 l/dt.

7. *Thermokopel dan Thermostart.*

Thermokopel serta *thermostart* bermerk Omron E5CZ-R2MT berfungsi untuk mengatur temperatur pemanasan pada *heater*, dimana *thermostart* dipasang pada *panel box*, sedangkan *thermokopel* dipasang pada reaktor.

8. Data Logger

Alat bantu yang berfungsi untuk mengkonversi sinyal temperatur dari sensor termokopel, menjadi data perubahan temperatur reaktor persatuan waktu. Pada penelitian ini digunakan data logger merk National Instruments tipe NI USB-9162.

Tekanan dan temperatur reaktor

Tekanan kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 1 Atm. Untuk temperatur kerja reaktor yang merupakan variabel bebas pada penelitian ini digunakan 2 variasi temperatur yaitu 500 °C dan 600 °C, untuk melakukan pengukuran temperatur reaktor selama proses gasifikasi digunakan 3 sensor termokopel yang dipasang pada sebagai berikut :

E. T₁ sensor termokopel pada posisi bagian bawah media gasifikasi

F. T₂ sensor termokopel pada posisi bagian atas media gasifikasi

G. T₃ sensor termokopel pada bagian atas reaktor

- *Persiapan teknis, uji coba alat fluidized bed gasifier*

- *Uji performansi alat fluidized bed gasifier*
- *Analisis data-data percobaan*
- *Simulasi dan pemodelan matematika*
- *Laporan akhir tahun kedua*
- *Draft Jurnal Internasional*

3.2.3 Rancangan Penelitian Tahun Ketiga

- *Rancangan alat fluidized bed gasifier*
Persiapan teknis, uji coba alat fluidized bed gasifier

2.3. Keterangan tambahan

- Ruang kerja untuk Tim Peneliti berkapasitas 6 orang telah ada termasuk, meja, kursi, filling kabinet, ruang tamu serta komputer desktop.
- Alat perekam seperti kamera, kamera video, LCD sudah tersedia
- Program studi Teknik Mesin juga mempunyai Workshop mesin las, bubut, dll.

3. RIWAYAT HIDUP TIM PENELITI

KETUA TIM PENELITI

3.1. Biodata Anggota Tim III

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap (dengan jomblo)	Dr. Ir. Ida Bagus Alit Swamardika, M.Erg.	L/P
2.	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala	
3.	Jabatan Struktural	-	
4.	NIP/NIK/No. Identitas	19661218 199403 1 001	
5.	NIDN	0018126604	
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Denpasar, 18 Desember 1966	
7.	Alamat Rumah	Jln. Pulau Seribu No. 22 Denpasar	
8.	Nomor Telepon/Faks /HP	085237256257	
9.	Alamat Kantor	Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Univ. Udayana, Kampus Bukit Jimbaran	
10.	Nomor Telepon/Faks	0361 - 703315	
11.	Alamat e-mail	alit_bbc@yahoo.com	
12.	Lulusan yang telah dibacilkan	S-1= ± 20 orang; S-2= 2 Orang; S-3= - Orang	
13.	Mata Kuliah yg diampu	1. Pengetahuan Lingkungan dan K3 2. Sistem Pengaturan 3. Praktikum Sistem Pengaturan 4. Operasional Riset 5. Matematika Teknik II 6. Statistik dan Probabilitas 7. Filsafat Ilmu 8. Ergonomi 6 9. Ergonomi 7 10. Manajemen Ergonomi	

B. Riwayat Pendidikan

Program	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan	Universitas	Universitas Udayana	Universitas Udayana
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Ergonomi-Fisiologi	Ergonomi-Fisiologi
Tahun Masuk	1985	1998	2009
Tahun Lulus	1992	2001	2012
Judul Skripsi/Thesis/ Disertasi	Studi Kemungkinan Penggunaan Kabel XLPE untuk Saluran Transmisi 150 KV Antara GI	Penggunaan Filter Layar Monitor Menurunkan Beban Kerja dan Meningkatkan Produktivitas Operator Komputer	Piranti Lunak Sistem Pencahayaannya Berbasis Ergonomi Meningkatkan Usability Piranti Lunak dan Kapabilitas
Nama Pembimbing/ Promotor	1. Ir. Rukmi Sari Hartati 2. Ir. Yanu Prapto	1. Prof.Drs. IB. Adnyana Manuaba, HongFergS., FIPS 2. dr. Tjening Kerana, MSi	1. Prof.Dr.dr. N. Adiputra, M.OH. 2. Prof.dr. I Dewa Putu Sutjana, M.Erg.

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaa	
			Sumber *)	Jml (Juta Rp.)
1.	2009	Tembok Pekarangan Rumah dari Batu Padas dapat Menurunkan Kebisingan Lingkungan yang diakibatkan oleh Transportasi Darat	Mandiri	3,25
2.	2010	Review of Ergonomics Aspect of Electricity	Mandiri	1,5
3.	2010	Variation on Carring Loads Give Different Effects to Workload and Musculoskeletal Disorder of Contruction Labour in Baktiseraga Village	Mandiri	2,75
4.	2011	Traffic Signs as A Visual Display in The Study of Ergonomic Design	Mandiri	1
5.	2011	Perkembangan Perangkat Personal Komputer Ditinjau Dari Aspek Ergonomi	Mandiri	1
6.	2012	Design od Artificial Lighting in Workplace	Mandiri	2,5
7.	2012	Determinanation the Number of Lighting in Workplace Using Software Based on Ergonomic Aspect	Mandiri	2,5
8.	2013	Desain Interior Sebagai Tempat Belajar Berbasis Ergonomi Mengoptimalkan Kinerja Siswa Agar mutu Hasil Belajar Meningkatkan	Hibah Bersaing	45
9.	2013	Interface Piranti Lunak Berbasis Ergonomi Meningkatkan Kapabilitas Perancang Sistem Pencahayaan	Hibah Doktor	43,75
10	2013	Rancang Bangun Holonomic Drive Mobile Robot Arm Assitant Berbasis Miktokontroler ATMega 128	Hibah Teknik Elektro	7,5
11	2014	Rancang Bangun <i>Quadcopter Robot</i> Sebagai Alat Pemantau Jarak Jauh Kawasan Lingkungan Bencana	Hibah Unggulan Udayana	35
12	2015	Rancang Bangun Robot 6WD sebagai Alat Pemantau Kebocoran Gas Berbahaya Berbasis Komunikasi Wireless Xbee-Pro Series 1 60 MW	Hibah Fundamental	50
13	2015	Sistem Mikrogrid Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dengan Sumber Hybrid di Kampus Bukit Jimbaran	Hibah Unggulan Perguruan Tinggi	72,5
14	2015	Rancang Bangun <i>Quadcopter Robot</i> Sebagai Alat Pemantau Jarak Jauh Kawasan Lingkungan Bencana (Tahun ke-2)	Hibah Unggulan Udayana	40

D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada	Pendanaa	
			Sumber *)	Jml (Juta Rp.)
1.	2011	Bakti Ilmiah Teknik Ekstensi (Bilteks) tahun 2011 di Desa Sobangan Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung	Fakultas Teknik	5
2.	2012	Beda Rumah Tradisional Berbasis Ergonomi dan Kearifan Lokal di Desa Pengotan	Universitas Udayana	30

3.	2013	Penyusunan Prioritas Per Provinsi dan Rencana Aksi untuk Pengurangan Risiko Kekeringan di Indonesia	BNPB	-
4.	2014	Pelatihan dan aplikasi teknologi dalam rekonstruksi rumah tradisional bali age dalam upaya meningkatkan kualitas hidup penghuninya di desa pengotan bangli	PNBP Universitas Udayana	5

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah

No.	Judul Artikel Ilmiah	Volume/Nomor	Nama Jurnal
1	Preliminary Anthropometric Data Of Medical Students For Equipment	Vol. 37, No. 1. 2008	Journal Of Human Ergology
2	Pengaruh Radiasi Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Manusia (Suatu Kajian Pustaka)	Vol 8, No. 1. 2009	Jurnal Teknologi Elektro
3	Rancang Bangun Quadropod Robot Berbasis ATmega1280 Dengan Desain Kaki Kembar	ISBN: 978-602-7776-72-2 © Universitas Udayana 2013	Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems Bali, 14-15 November
4	Implementasi Penggunaan Sensor Accelerometer ADXL335 Pada Quadcopter Robot Berbasis Atmega32	ISBN: 978-602-7776-72-2 © Universitas Udayana 2013	Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems Bali, 14-15 November
5	Sistem Kontrol Pergerakan pada Robot Line Follower Berbasis Hybrid PID-Fuzzy Logic	ISBN: 978-602-7776-72-2 © Universitas Udayana 2013	Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems Bali, 14-15 November
7	Interface Piranti Lunak Sistem Pencahayaan Berbasis Ergonomi Meningkatkan Kapabilitas Perancang Sistem Pencahayaan	ISBN: 978-602-7776-72-2 © Universitas Udayana 2013	Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems Bali, 14-

8	<i>Hand Motion Control Untuk Menggerakkan Quadcopter Robot Dengan Menggunakan Sensor Accelerometer Adxl335 Dan Wireless Xbee-Pro Series 1 60 Mw Berbasis Mikrokontroler Atmega32</i>	Vol 1. No 2. 2014	Jurnal Ilmiah Mikrotek
9	Design And Implementastions Of Control System Quadruped Robot Driver Application Based On Windows Platform	April 2015	International Journal of Electrical and Computer Engineering
10	Desain dan Implementasi Aplikasi Video Surveillance System Berbasis Web-SIG	VOL.14, NO.1, JANUARI-JUNI 2015	JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO
11	Rancang Bangun Robot 6WD Sebagai Alat Pemantau Kebocoran Gas Berbahaya Berbasis Komunikasi Wireless XBee-PRO	VOL.14, NO.1, JANUARI-JUNI 2015	JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/ Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan ilmiah/	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan
1.	International Workshop 9 th National Seminar Ergonomics “Ergonomics for Enhanced Quality of Work Life”	Tembok Pekarangan Rumah dari Batu Padas dapat Menurunkan Kebisingan Lingkungan yang diakibatkan oleh Transportasi Darat.	2009 Semarang
2.	Seminar Sehari ttg Engineering Hotel & K3	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	2010 Jimbaran, Badung
3.	International Joint Conference APCHI-Ergofuture	Review of Ergonomics Aspect of Electricity	2010 Denpasar
4.	The 11 th National Conference of Indonesian Ergonomics Society	Perkembangan Perangkat Personal Komputer Ditinjau Dari Aspek Ergonomi	2011 Jakarta
5.	The International Conference East Asian Ergonomics Federation Symposium	Traffic Signs as A Visual Display in The Study of Ergonomic Design	2011 Taiwan
6.	The Second Southeast Asian Network of Ergonomics Societies (SEANES) Conferences	Determinanation the Number of Lighting in Workplace Using Software Based on Ergonomic Aspect	2012 Langkawi Malaysia
7.	Seminar Nasional Ergonomi “ Peranan Ergonomi Dlm Industri Kreatif Di Indonesia	Rekayasa Piranti Lunak Galangsoft Menghemat Waktu Kerja Perancang Sistem	2012 Bandung
6 8.	National Conference On Applied Ergonomics “Ergonomics For Special	Pemodelan Sistem Informasi Perparkiran Pada Gedung Bertingkat	2013 Yogyakarta

9.	Conference on Smart-Green Technology In Electrical and Information Systems	Interface Piranti Lunak Sistem Pencahayaan Berbasis Ergonomi Meningkatkan Kapabilitas Perancang Sistem Pencahayaan	2013 Denpasar
10	senastek	Rancang Bangun <i>Quadcopter Robot</i> Sebagai Alat Pemantau Jarak Jauh Kawasan Lingkungan Bencana	2014 denpasar
11	senastek	Rancang Bangun Robot 6WD Sebagai Alat Pemantau Kebocoran Gas Berbahaya Berbasis Komunikasi Wireless XBee-PRO Series1 60mW	2015 Denpasar

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	Metodologi Penelitian	2009	97	Udayana University Press

H. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Pembimbing Tim ELKATI09 Universitas Udayana pada Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) divisi Beroda Tingkat Regional IV	Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi	2011
2	Pembimbing Tim ELKATI09 Universitas Udayana pada Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) divisi Beroda Tingkat Regional V	Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi	2012
3.	Prestasi Tertinggi/Cum Laude pada Program Doktor	Program Pascasarjana Universitas Udayana	2012
4.	Pembimbing Tim Astungkara Universitas Udayana sebagai Juara Ketiga Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) Beroda Tingkat Regional V	Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi	2013
5.	Pembimbing Tim Astungkara Universitas Udayana pada Kontes Robot Nasional Divisi Pemadam Api Indonesia (KRPAI)	Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi	2013
6.	Pembimbing Tim Astungkara Universitas Udayana pada Kontes Robot Nasional Divisi Pemadam Api Indonesia (KRPAI)	Universitas Dian Nuswantoro Semarang	2013
7.	Pembina dalam ajang Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) Regional V	Universitas Udayana	2013

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan **USULAN PENELITIAN UNGGULAN UDAYANA**

Denpasar, 16 Pebruari 2018



(Dr. Ir. Ida Bagus Alit Swamardika, M. Erg.)

B. Anggota Tim Peneliti 1

I IDENTITAS DIRI

1.1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Prof. I N. Suprpta Winaya, ST., MT., PhD.
1.2	Jabatan Fungsional	Guru Besar
1.3	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	19691231 199412 1 001
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Jembrana, 3 September 1969
1.5	Alamat Rumah	Jalan Sekar Jepun VI No. 44 Denpasar-Bali
1.6	Nomor Telepon/Faks	(0361)469080
1.7	Nomor HP	081933106555
1.8	Alamat Kantor	Kampus Teknik Mesin, Bukit Jimbaran
1.9	Nomor Telepon/Faks	(0361)703321, Fax (0361) 703321
1.10	Alamat e-mail	ins.winaya@unud.ac.id
1.11	Mata Kuliah yg diampu	1. Energi Biogas 2. Teknik Fluidisasi 3. Ketel Uap 4. Teknik Pembakaran dan Penc. Lingkungan 5. Termodinamika

II RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1 Program:	S-1	S-2	S-3
2.2 Nama PT	Universitas Udayana Bali	Dalhousie University, Canada	Niigata University, Japan
2.3 Bidang Ilmu	Konversi Energi	Konversi Energi	Konversi Energi
2.4 Tahun Masuk	1988	1988	2005
2.5. Tahun Lulus	1994	2000	2008
2.6 Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Analisa Perpindahan Panas Pada Isolasi Pipa Uap	Heat Transfer Investigation In Pressurized and Atmospheric Fluidized Bed Combustion	<i>Fluidized Bed Combustion of Biomass and Wastes Fuels</i>

2.7. Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Budi Utomo Kukuh Widodo, MSME	Prof. Dr. Prabir Basu	Prof. Dr. Tadaaki Shimizu
--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------	---------------------------

III. RIWAYAT PENELITIAN

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2002	Perancangan Alat Pengering Kopi Sistem Bubbling Fluidized Bed	Dosen Muda Dikti (Ketua Peneliti)	7,5
2.	2003	Rancangan dan Pengujian Plat Distributor pada Pengering Kopi dengan Sistem Bubbling Fluidized Bed	DIPA Unud -Ketua	10
3.	2004	Prototipe Mesin Coater Sistem Circulating Fluidized Bed Untuk Memproduksi Tablet Salut Gula	Hibah Bersaing Dikti (Ketua Peneliti)	35
4.	2009	Sistem Fluidized Bed Multi-Fungsi Sebagai Alat Peraga Untuk Meningkatkan Kognitif Analisis Mahasiswa Terhadap Fenomena Fluidisasi	Teaching Grant PHK-I Unud (Ketua Peneliti)	25
5.	2010	Pengembangan Gasifikasi Fluidized Bed dengan Menggunakan Bahan Bakar Sampah Terapung Sungai Suwung Badung	Strategis Nasional, Dikti (Ketua Peneliti)	78
6.	2011	Perilaku Fluidisasi Limbah Padat Perhotelan Secara Eksperimen dan Pemrograman CFD	Fundamental, Dikti (Ketua Peneliti)	50
7.	2011	Kajian Bahan Bakar Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Sistem Fluidized Bed Combustion	Dipa Unud (Ketua Peneliti)	10
8.	2012	Pemanfaatan Sampah Kota TPA Suwung Denpasar Sebagai Bahan Bakar Gasifikasi Fluidized Bed	Hibah Unggulan, Desentralisasi (Ketua Peneliti)	50
9.	2012	Autonomous Energy Production from Biomass Wastes and Improvement of the Environmental Situation for Local Farms and Small Food Enterprises in Western Java	Project for Research Partnerships, Indonesia-Swiss (Anggota Peneliti)	600

10.	2013	Fluidized Bed Combustion dengan Bahan Bakar Yang Mempunyai Volatile Matter Tinggi	Hibah Pasca Sarjana, Desentralisasi (Ketua Peneliti)	75
11.	2013	Pemodelan Matematika dan Simulasi CFD Pada <i>Fluidized Bed Gasifier</i> Berbahan Bakar Sewage Sludge Perhotelan	Hibah Fundamental Desentralisasi (Anggota Peneliti)	50
12.	2014	Eliminasi Limbah Sampah Kota Dengan Teknologi Co-Gasifikasi Batubara dan Biomasa pada Sistem <i>Fluidized Bed</i>	Hibah inSinas , Ristek (Ketua Peneliti)	400
13.	2014	Eliminasi Limbah Sampah Kota Dengan Teknologi Co-Gasifikasi Batubara dan Biomasa pada Sistem <i>Fluidized Bed</i>	Hibah inSinas , Ristek (Ketua Peneliti)	300
14.	2014	Pemodelan Matematika dan Simulasi CFD Pada <i>Fluidized Bed Gasifier</i> Berbahan Bakar Sewage Sludge Perhotelan	Hibah Fundamental Sarjana, Desentralisasi (Anggota Peneliti)	50
15.	2015	Rancang Bangun <i>Updraft Gasifier</i> Sirkulasi <i>Fluidized Bed</i> Berbahan Bakar Limbah Sampah	Hibah Invensi Udayana (Ketua Peneliti)	100
16.	2016	Rancang Bangun Dual-Reaktor Gasifikasi Sirkulasi Fluidized Bed Untuk Biomassa dan Sampah	Hibah Insinas-Kemenristek Dikti (Ketua Peneliti)	140

IV KARYA TULIS

Tahun	Judul	Penerbit/Jurnal
2001	Effect of pressure and carbon dioxide concentration on heat transfer at high temperature in a Pressurized Circulating Fluidized Bed (PCFB) combustor	International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 44, Issue 15, August 2001, Pages 2965-2971
2003	Experimental investigations on heat transfer from suspension to impact separators in the riser column of a circulating fluidized bed combustor	International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 46, Issue 1, January 2003, Pages 71-75
2004	Uji peformansi pelat distributor pada alat pengering kopi dengan sistem bubbling fluidized bed	Jurnal POROS – Teknik Mesin Univ. Tarumanegara, ISSN: 1410-6841, Vol.7 No.4,

		Oktober 2004. Terakreditasi No. 23a/DIKTI/Kep/2004
2007	Reduction of the Volatile Matter Evolution Rate from a Plastic Pellet during Bubbling Fluidized Bed Pyrolysis by Using Porous Bed Material	Journal of Chemical Engineering & Technology Volume 30, Issue 8, Date: August, 2007, Pages: 1003-1009
2007	A new method to evaluate horizontal solid dispersion in a bubbling fluidized bed	Powder Technology, Volume 178, Issue 3, 25 September 2007, Pages 173-178
2008	Model of combustion and dispersion of carbon-loaded solids prepared by capacitance effect during bubbling fluidized bed combustion	Fuel Journal, Vol. 87, No. 10-11, 2008, Pages 1974-1981
2008	Prospek energi dari sekam padi dengan teknologi fluidized bed combustion	Majalah Inovasi-ISSN: 0917-8376, Volume 11/XX/Julii 2008
2008	Formasi Gas Buang Pada Pembakaran Fluidized Bed Sekam Padi	Jurnal Ilmiah Cakram Vol 4 No.1, April 2010, hal. 83-87, ISSN: 1979-2468
2009	Co-firing Sistem Fluidized Bed Berbahan Bakar Batubara dan Ampas Tebu	Jurnal Ilmiah Cakram Vol 43 No2, Oktober 2009, hal. 180-188, ISSN: 1979-2468
2010	Karakteristik Fluidisasi dan Perpindahan Panas Bahan Bakar Limbah Sewage Sludge Perhotelan Dengan Teknologi Fluidized Bed	Jurnal Ilmiah Teknologi Undagi Vol 4 No.1, Oktober 2010, hal. 103-107, ISSN 2087-2941
2011	Carbon Capture in Fluidized Bed Combustion Using Biomass and Wastes Fuels	Jurnal Terakreditasi "Bumi Lestari Vol 12. No. 1
2011	Memanfaatkan Air Bilasan Bagas Untuk Menghasilkan Listrik Dengan Teknologi Microbial Fuel Cells	Jurnal Ilmiah Cakram Vol 5 No. 1, April 2011, hal. 57-63, ISSN: 1979-2468 ISSN: 1979-2468.
2011	Proses Treatment Dengan Menggunakan NaOCl dan H2SO4 Untuk Mempercepat Pembuatan Bioetanol dari Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii	Jurnal Ilmiah Cakram Vol 5 No. 1, April 2011, hal. 64-68, ISSN: 1979-2468.
2011	Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii Sebagai Bahan Baku	Jurnal Ilmiah Cakram Vol 5 No. 1, April 2011, hal. 69-74, ISSN: 1979-2468,
2011	Pengaruh Temperatur Operasi dan Kecepatan Superfisial Terhadap Komposisi Gas Produser Pada Gasifikasi Fluidized Bed Berbahan Bakar Sampah Terapung	Jurnal Ilmiah Cakram Vol 5 No. 1, April 2011, hal. 85-90, ISSN: 1979-2468,
2014	CFD Simulation of Heat Transfer in Fluidized Bed Reactor	Applied Mechanics and Materials Vol. 493 (2014) pp 267-272© (2014) Trans Tech

		Publications, Switzerlanddoi :10.4028/
2014	Biogas Potential of Co-Substrates in Balinese Biogas Plants	Applied Mechanics and Materials Vol. 493 (2014) pp 262-266© (2014) Trans Tech Publications, Switzerlanddoi :10.4028/
2015	Design of Fluidized Bed Co-Gasifier of Coal and Wastes Fuels	Applied Mechanics and Materials Vol. 681 (2015) pp 234-240© (2015) Trans Tech Publications, Switzerlanddoi :12.1031/
2015	Fluidization Characteristic of Sewage Sludge Particles	Applied Mechanics and Materials Vol. 681 (2015) pp 241-247© (2015) Trans Tech Publications, Switzerlanddoi :12.1031/
2015	Fluidized Bed Co-Gasification of Coal and Solid Waste Fuels in An Air Gasifying Agent	International Journal of Technology (2015) 6: 931-937 ISSN 2086-9614

V. PENGALAMAN KEYNOTE SPEAKER

Tahun	Judul	Penyelenggara
2002	Pengenalan bahan bakar LPG pada kendaraan bermotor	Wali Kota Denpasar Bali
2011	Pengaruh pengembangan panas bumi pada aspek social, budaya dan ekonomi di Bali	Dirjen Panas Bumi
2014	PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BIOGAS: <i>Subtrat dan Upgrading Process</i>	UNJANI, BANDUNG
2015	The Potential of Biogas Energy from Tropical Organic Wastes and the Improvement of Environmental Situation for Urban Citizen	Energy, Environment and Ecosystems (3E) Nexus Initiative for Sustainable Development in Asian Countries JAPAN
2015	Renewable energy from fluidized bed gasification using biomass fuels	UNIVERSITI TEKNOLOGI MARA, MALAYSIA

VI. PENGALAMAN MENJADI SUPERVISOR/EXAMINER MAHASISWA ASING

Tahun	Judul	Thesis dan Origin
2013	Evaluation of co - substrates for biogas production in Bali and their possible application in rural biogas plants	Master Thesis : Daniel Philipp Nett, MCI MANAGEMENT CENTER INNSBRUCK Internationale Hochschule GmbH Universitaetsstrasse 15, 6020 Innsbruck, Austria

2014	Biogas Utilization of Varying Mass of Fish waste with constant volume of inoculums dung	Undergraduate Thesis: Pter Zamasal, Czech Republic
2015	Numerical Study of Heat Transfer Enhancement in Diffusers Fitted with Swirl Generators	PhD's student desertation: Ehan Sabah Sukri, Universiti Teknologi Mara Malaysia.

VII KONFERENSI/SEMINAR/LOKAKARYA/SIMPOSIUM

Tahun	Judul Kegiatan	Penyelenggara	Panitia/Peserta/Pembicara
1999	The 15 th International Conference on Fluidized Bed Combustion	American Society of Mechanical Engineer (ASME)	Peserta
2001	Fluidization X	United Engineering Foundation	Peserta
2003	International Symposium on Transport Phenomena (ISTP-14)	University of Indonesia	Pembicara
2003	SEMI-Loka Perbaikan Sistem dan Manajemen dan Pembelajaran di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana	Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana	Ketua Panitia
2005	The 11 th SCEJ Symposium on Fluidization and Particle Processing	Society Chemical Engineer of Japan	Peserta
2006	The 19 th International Conference on Fluidized Bed Combustion	Vienna University of Technolgy, Austria	Pembicara
2006	The 12 th SCEJ Symposium on Fluidization and Particle Processing	Society Chemical Engineer of Japan, SCEJ	Peserta
2007	The 13 th SCEJ Symposium on Fluidization and Particle Processing	Society Chemical Engineer of Japan, SCEJ	Pembicara
2008	Workshop Penyusunan silabus dan SAP perkuliahan berbasis kompetensi	Teknik Mesin Unud	Peserta

2009	International Conference on Sustainable Energy	Institut Teknologi Bandung, ITB	Pembicara
2009	East Asian Seas Congress, EASC 2009	PEMSEA and Philippine Government	Pembicara
2010	Regional Conference on Mechanical and Aerospace Technology, RC-MeAe 2010	Institut Teknologi Bandung, ITB	Pembicara
2010	Konferensi Nasional Engineering Perhotelan	Universitas Udayana	Pembicara
2011	Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin X	Universitas Brawijaya	Pembicara
2012	International Conference on Sustainable Development	Universitas Udayana	Pembicara
2013	Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI	Universitas Hasanudin	Pembicara
2014	Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII	Universitas Indonesia	Pembicara
2014	International Conference on Sustainable Development II	Universitas Udayana	Pembicara
2015	Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIII	Universitas Lambung Mangkurat	Pembicara

VIII. KEGIATAN PENGABDIAN MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2003	Pengenalan Alat Pengereng Kopi Bubbling Fluidized Bed di Desa Gumbrih Jembrana	Dipa UNUD (Anggota)	5
2.	2008	Pelatihan Pengawetan Ikan Menggunakan Teknologi Pengereng Memanfaatkan Panas Pembakaran Kayu Bakar di Serangan	Dipa UNUD (Anggota)	5
3.	2008	Bantuan Teknis Pengawasan Pelaksanaan Proyek "Clean Water Assistance" Desa Tajen, Penebel, Kabupaten Tabanan-Bali	Dipa UNUD (Anggota)	10

4.	2009	Penghijauan Penanaman 10.000 Pohon di Desa Pekraman Renon Denpasar- Bali	Dipa UNUD (Anggota)	5
5.	2009	Bantuan Teknis Pembangunan Proyek Pompa Hidram dan Air Bersih Desa Munduk Temu, Pupuan-Tabanan	Dipa UNUD (Anggota)	10
6.	2010	Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat IBM Kelompok Usaha Dendeng Ikan Olahan Di Serangan Denpasar Bali	Dikti (Anggota)	30
7.	2011	PemanfaatanLimbah Kotoran Hewan Ternak Sebagai Biogas untuk Keperluan Rumah Tangga di Kecamatan Sidemen Kab. Karangasem	Dipa UNUD (Anggota)	5
8.	2013	IbM Kelompok tani ternak Sari Mandiri di Desa Selisihan Klungkung	Dikti (Ketua)	50
9.	2014	Pengoptimalan Produksi Biogas Dengan <i>Co-Subtrat</i> Limbah Organik Dan Kotoran Ternak Di Desa Catur Kintamani Bangli	Dipa UNUD (Anggota)	7,5
10.	2015	IbM Kelompok Ternak Simantri dan Menggala di Desa Kintamani Bangli Yang Mengalami Penurunan Produksi Biogas	Dikti (Ketua)	37,5
11.	2016	IbM Kelompok Ternak Desa Timuhun Untuk Peningkatan Produksi Biogas Desa Timuhun Klungkung	Dikti (Ketua)	50

IX. JABATAN DALAM PENGELOLAAN INSTITUSI

Peran/Jabatan	Institusi	Tahun ... s.d. ...
Wakil Ketua Program Diploma	Fak. Teknik Universitas Udayana	2003 s/d 2004
Ketua Koordinator Proyek Semi-Que	Jurusan Teknik Mesin Fak. Teknik Universitas Udayana	2003 s/d 2004
PIC Kegiatan PHK-I	Universitas Udayana	2009 s/d sekarang
Kepala Laboratorium Konversi Energi	Jurusan Teknik Mesin Fak. Teknik Universitas Udayana	2009

Sekretaris Jurusan	Jurusan Teknik Mesin Fak. Teknik Universitas Udayana	2009 s/d 2011
Pengadaan Laboratorium	Koordinator Pengadaan Laboratorium Fakultas Teknik	2014
Ketua Jurusan	Jurusan Teknik Mesin Fak. Teknik Universitas Udayana	2011 s/d sekarang

X. PENGHARGAAN/PIAGAM

Tahun	Bentuk Penghargaan	Pemberi
2000	Surat Penghargaan sebagai Peserta Terbaik dalam Kegiatan Teaching Improvemenet Workshop ke 7	Dikti
2012	Dosen Berprestasi II Fakuttas Teknik	Fakultas Teknik
2013	Dosen Berprestasi I Fakuttas Teknik	Fakultas Teknik
2015	Kajur Berprestasi I Fakultas Teknik	Fakultas Teknik

XII. ORGANISASI PROFESI/ILMIAH

Tahun	Organisasi	Jabatan/jenjang keanggotaan
1999	American Society of Mechanical Engineer, ASME	Anggota
2002	Badan Kerja Sama Teknik Mesin, BKSTM	Anggota
2007	Society of Chemical Engineers of Japan, SCEJ	Anggota
2009	Ikatan Ahli Bahan Bakar Indonesia, IABI	Anggota
2011	Persatuan Insinyur Indonesia, PPI	Anggota
2011	PBSI Pemprov. Bali	Anggota

XIII. PROTOTIPE/PRODUK/PATEN

Tahun	Nama Alat	Jabatan
2003	Prototipe alat pengering kopi sistem fluidized bed	Ketua
2004	Prototipe sistem coater fluidized bed untuk memproduksi tablet salut gula	Ketua
2009	Prototipe sistem fluidized bed multi fungsi untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap fenomena fluidisasi	Ketua
2010	Prototipe sistem pembakaran fluidized bed untuk bahan bakar sampah/biomasa	Ketua
2012	Reaktor biogas sistem floating dome	Ketua
2012	Kompor gasifikasi biomasa sistem updraft	Ketua
2013	Prototipe sistem gasifikasi fluidized bed sampah berbahan bakar sampah	Ketua

2014	Model gasifikasi downdraft	Ketua
2015	Model gasifikasi sirkulasi fluidized bed	Ketua

XIV. PENGALAMAN MENULIS TEXTBOOK

2012	Fluidized Bed Combustion of Biomass and Wastes; Lambert Academic Publishing Germany	Penulis Tunggal
------	---	-----------------

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan **USULAN PENELITIAN UNGGULAN UDAYANA**.

Bukit Jimbaran, 16 Pebruari 2018

Anggota Pengusul,



Suprta Winaya

Prof. I N. Suprpta Winaya, ST., MASc., PhD.

C. Anggota Tim Peneliti 2

I IDENTITAS DIRI

1.1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Prof. Dr. Ir. Rukmi Sari Hartati, MT.
1.2	Jabatan Fungsional	Guru Besar
1.3	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	19530813 197903 2 001
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Jombang, 13 Agustus 1953
1.5	Alamat Rumah	Jl. Kerta Petasikan I/4 Denpasar-Bali
1.6	Nomor Telepon/Faks	(0361) 7417687
1.7	Nomor HP	081805536855
1.8	Alamat Kantor	Kampus Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bukit Jimbaran
1.9	Nomor Telepon/Faks	0361 703315
1.10	Alamat e-mail	rshartati@ee.unud.ac.id
1.11	Mata Kuliah yg diampu	6. Rangkaian Listrik I (S1)
		7. Rangkaian Listrik II (S1)
		8. Analisa Sistem Tenaga Listrik II (S1)
		9. Keandalan dalam Sistem Tenaga Listrik (S1)
		10. Optimasi (S2)
		11. Sistem Perencanaan dan Keandalan (S2)

II RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1 Program:	S-1	S-2	S-3
2.2 Nama PT	ITS Surabaya	I T B Bandung	Dalhousie University Canada
2.3 Bidang Ilmu	Sistem Tenaga Listrik	Sistem Tenaga Listrik	Power System
2.4 Tahun Masuk	1972	1992	1998
2.5. Tahun Lulus	1978	1994	2002
2.6 Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Perencanaan Instalasi AC Untuk Rumah Sakit	Analisa Sensitivitas Metode Optimasi Susut Daya dengan Pengaturan Daya Reaktif	Active Security Constrained Optimal Power Flow Using Modified Hopfield Neural Network
2.7. Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Bunawi Gunawijaya	Dr. Ir. Yusra Sabri, M Sc.	Prof. Dr. M.E.El-Hawary

III PENGALAMAN PENELITIAN

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2003	Penjadwalan dan Alokasi Pembebanan Ulang Pada Sistem Pembangkitan di Bali	Ketua (Peneliti Utama)	30
2	2004	Usaha Untuk memperbaiki Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Di Bali (Hibah Pekerti Tahun I)	Ketua (Peneliti Utama)	30
3	2005	Usaha Untuk memperbaiki Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Di Bali (Hibah Pekerti Tahun II)	Ketua (Peneliti Utama)	30
4.	2007	Penentuan Angka keluar Peralatan untuk Evaluasi Keandalan system Distribusi Tenaga Listrik (Hibah Bersaing Tahun I)	Ketua (Peneliti Utama)	50
5	2013	Pemodelan Matematika dan Simulasi CFD Pada <i>Fludized Bed Gasifier</i> Berbahan Bakar Sewage <i>Sludge</i> Perhotelan	Anggota Peneliti	50
6	2014	Eliminasi Limbah Sampah Kota Dengan Teknologi Co-Gasifikasi Batubara dan Biomasa pada Sistem <i>Fludized Bed</i>	Anggota Peneliti	400
7	2014	Pemodelan Matematika dan Simulasi CFD Pada <i>Fludized Bed Gasifier</i> Berbahan	Ketua (Peneliti Utama)	50

		Bakar Sewage <i>Sludge</i> Perhotelan		
8	2015	Rancang Bangun Updraft Gasifier Sirkulasi Fluidized Bed Berbahan Bakar Limbah Sampah	Anggota Peneliti	100
9	2016	Rancang Bangun Dual-Reaktor Gasifikasi Sirkulasi Fluidized Bed Untuk Biomassa dan Sampah	Anggota Peneliti	140

IV PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2009	Pemasangan Instalasi Listrik di Br. Medahan Kabupaten Gianyar	DIPA UNUD	3,5
2	2011	PemanfaatanLimbah Kotoran Hewan Ternak Sebagai Biogas untuk Keperluan Rumah Tangga di Kecamatan Sidemen Kab. Karangasem	DIPA UNUD	5
3	2013	IbM Kelompok tani ternak Sari Mandiri di Desa Selisihan Klungkung	Dikti	50
4	2014	Pengoptimalan Produksi Biogas Dengan <i>Co-Subtrat</i> Limbah Organik Dan Kotoran Ternak Di Desa Catur Kintamani Bangli	Dikti	7,5
5	2015	IbM Kelompok Ternak Simantri dan Menggala di Desa Kintamani Bangli Yang Mengalami Penurunan Produksi Biogas	KemenristekDikti	37,5
6	2016	IbM Kelompok Ternak Desa Timuhun Untuk Peningkatan Produksi Biogas	KemenristekDikti	50

V PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume / Nomor	Nama Jurnal
1	2009	Alternative Methode for Solving Optimization Problem in Economic Load Dispatch	Vol. 2, No. 1, Januari-Juni 2003, ISSN: 1693-2951	Jurnal Teknologi Elektro,
2	2009	Aplikasi Metode Optimasi Extended Quadratic Interior dan Gradient Projection untuk Economic Dispatch Pembangkit Thermal di Bali	Vol. 2, No. 2, Juli-Desember 2003, ISSN: 1693-2951	Jurnal Teknologi Elektro,
3	2010	Perbandingan Penggunaan Metode Optimasi EQIP dengan ANN Untuk Economic Dispatch Pembangkit Termal Di Bali	Vol. 3, No. 2, Desember 2004, ISSN: 1693-2951	Jurnal Teknologi Elektro,
4	2005	Alokasi Pembebanan Ekonomis Pada Sistem Pembangkit di Bali dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan	Vol. 5 No. 1, Juli 2005, ISSN: 1411-366X	Jurnal Transistor,
5	2006	Analisa Profil Tegangan dan Usaha untuk Mengatasinya pada Penyulang-Penyulang yang melayani Daerah Pariwisata yang sedang berkembang di Bali	Jurnal Transistor, Vol. 7 No. 1, Juli 2006, ISSN: 1411-366X	Jurnal Transistor,
6	2007	Optimasi Pembebanan Unit-Unit Pembangkit Thermal pada Sistem Kelistrikan Bali	Vol. 9 Tgl. Juli 2007	Jurnal Transistor ISSN : 1411 - 366 X Akreditasi No.39/DIKTI/Ke p/ 2004.
7	2007	Penentuan Angka keluar Peralatan untuk Evaluasi Keandalan system Distribusi 8Tenaga Listrik	Vol. 6 No. 2 Juli-Desember 2007	Majalah Ilmiah Teknologi Elektro ISSN:1693 - 2951

8	2007	Penerapan Theorema Fuzzy untuk menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor pada saluran distribusi tenaga listrik	Vol. 6 No. 2 Juli-Desember 2007	Majalah Ilmiah Teknologi Elektro ISSN:1693 – 2951
9	2010	The Application of Particle Swarm Optimization Method to Solve Economic Dispatch Problem in Electric Power System Bali	Vol. 11, ISSN: 2087-331X	Proceeding the 11 th Seminar on Intelligent Technology and Its Application (SITIA), ITS 2010,
10	2015	Design of Fluidized Bed Co-Gasifier of Coal and Wastes Fuels	Vol. 681 (2015) pp 234-240 Trans Tech Publications, Switzerlanddoi :12.1031/	Applied Mechanics and Materials 2015
11	2015	Fluidization Characteristic of Sewage Sludge Particles	Vol. 681 (2015) pp 241-247© Trans Tech Publications, Switzerlanddoi :12.1031/	Applied Mechanics and Materials 2015

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan **USULAN PENELITIAN UNGGULAN UDAYANA**.

Bukit Jimbaran, 16 Pebruari 2018



Anggota Pengusul.

Prof. Ir. Rukmi Sari Hartati, MT., Ph.D.

4. BIODATA MAHASISWA

Penelitian pada tahun ini melibatkan 4 orang mahasiswa S1 dengan biodata sebagai berikut;

1. Nama : A.A. GEDE WIRAYOGA PUTRA
NIM : 1204305066
Tempat/Tanggal Lahir : Gianyar, 30 Juni 1993
No. HP : 08233955706
Rencana Judul Skripsi : PERFORMANSI PIROLISIS FIXED BED BERBAHAN BAKAR KARET BAN BEKAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR
2. Nama : IVAN RICARDO
NIM : 1204305037
Tempat/Tanggal Lahir : Jakarta, 8 Mei 1993
No. HP : 085738970774
Rencana Judul Skripsi : PERFORMANSI PIROLISIS FIXED BED BERBAHAN BAKAR PLASTIK POLIPROPILENA DENGAN VARIASI TEMPERATUR
3. Nama : AANG HEDI SURYA
NIM : 1204305053
Tempat/Tanggal Lahir : Denpasar, 20 Agustus 1992
No. HP : 082146421309
Rencana Judul Skripsi : PERFORMANSI PIROLISIS FIXED BED DENGAN VARIASI KOMPOSISI BAHAN BAKAR BAN BEKAS DAN PLASTIK

4. SURAT PERNYATAAN PERSONALIA PENELITIAN / PENGABDIAN

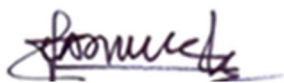
Yang bertanda tangan di bawah ini kami:

1. Nama Lengkap : Dr. Ir. Ida Bagus Alit Swamardika, M.Erg.
NIP : 19661218 199403 1 001
Fakultas/P.S. : Jurusan Teknik Elektro/Fakultas Teknik
Status dalam Penelitian : Ketua
2. Nama Lengkap : I Nyoman Suprpta Winaya, ST., MAsc., Ph.D.
NIP : 19691231 199412 1001
Fakultas/P.S. : Jurusan Teknik Mesin/Fakultas Teknik
Status dalam Penelitian : Anggota
3. Nama Lengkap : Prof. Ir. Rukmi Sari Hartati, MT., Ph.D.
NIP : 19530813 197903 2 001
PS/Fakultas : Jurusan Teknik Elektro/Fakultas Teknik
Status dalam Penelitian : Anggota

Menyatakan bahwa kami secara bersama-sama telah menyusun proposal Penelitian Unggulan Udayana, yang berjudul **“PEMANFAATAN SAMPAH KOTA NON-ORGANIK SEBAGAI BAHAN BAKAR CAIR DENGAN SISTEM PIROLISIS FIXED BED”**, dengan jumlah usulan dana sebesar Rp. 50.000.000, - (Lima Puluh Juta Rupiah). Apabila proposal ini disetujui maka kami secara bersama-sama akan bertanggung jawab terhadap pelaksanaan penelitian ini sampai tuntas sesuai dengan persyaratan yang dituangkan dalam Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian/Pengabdian.

Demikian Surat Pernyataan ini kami buat dan ditandatangani bersama sehingga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bukit Jimbaran, 16 Pebruari 2018



(Dr. Ir. Ida Bagus Alit Swamardika, M.Erg.)



(Prof. I N. Suprpta Winaya, ST., MAsc., Ph.D.)



(Prof. Ir. Rukmi Sari Hartati, MT., Ph.D.)



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS UDAYANA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Kampus Unud Bukit Jimbaran Badung, Telp. (Fax) (0361) 703367; 704622
E-Mail: info-lppm@unud.ac.id [Http://lppm.unud.ac.id](http://lppm.unud.ac.id)

SURAT PERNYATAAN KETUA PENGUSUL

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dr. Ir. Ida Bagus Alit Swamardika, MEng
NIP/NIDN : 196612181994031001 / 0018126604
Pangkat/ Golongan : Pembina Tingkat 1 / IV a
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi/Fakultas : Teknik Elektro/Teknik



Dengan ini menyatakan bahwa proposal saya dengan judul :
Pemanfaatan Sampah Kota Non Organik Sebagai Bahan Bakar Cair Dengan Sistem Pirolisis Fixed Bed yang diusulkan dalam skema Program Hibah Unggulan Udayana untuk tahun anggaran 2017/2018 dibuat secara bersama-sama oleh tim pengusul dan bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penugasan yang sudah diterima ke BLU

Demikian Surat Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Jimbaran, 12 Pebruari 2018
Yang menyatakan,

Mengetahui
Ketua LPPM,



(Prof. Dr. Ir. I Gede Rai Maya Temaja, MP)
NIP. 19621009198803 1 002



(Dr. Ir. Ida Bagus Alit Swamardika, MEng)
NIP. 196612181994031001