

Tema Payung Penelitian: Energi  
Sub Tema: Teknologi rekayasa dalam bidang  
Pemanfaatan energi listrik

## LAPORAN AKHIR PENELITIAN TERAPAN INOVASI



# PENGEMBANGAN DAN PEREKAYASAAN RUANG TUNGKU LISTRIK HORIZONTAL DENGAN PENGATURAN ALIRAN GAS DAN PENDETEKSIAN GAS BUANGAN

## TIM PENGUSUL

### **Ketua:**

Mukti Hamjah Harahap, S.Si., M.Si.      NIDN. 0025047701

### **Anggota:**

Winsyahputra Ritonga, S.Pd.,M.Si      NIDN. 0019098102


Penelitian ini dibiayai oleh :  
Dana Badan Layanan Umum (BLU) Universitas Negeri Medan  
Sesuai dengan Surat Keputusan Ketua LPPM Unimed  
Nomor : 103/UN.33.8/KEP/PPKM/PD/2022

**UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**  
**Desember , 2022**

## HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN TERAPAN INOVASI

1. Judul Penelitian : PENGEMBANGAN DAN PEREKAYASAAN RUANG TUNGKU LISTRIK HORIZONTAL DENGAN PENGATURAN ALIRAN GAS DAN PENDETEKSIAN GAS BUANGAN
2. Bidang Ilmu :
3. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Mukti Hamjah Harahap, S.Si., M.Si.
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. NIP/ NIDN : 197704252008011011
  - d. Disiplin Ilmu : Fisika
  - e. Pangkat/ Golongan : PENATA TK. I/3D
  - f. Jabatan : Ka. Lab. Fisika FMIPA
  - g. Fakultas/ Jurusan : MIPA
  - h. Alamat : Jalan Willem Iskandar Medan
  - i. Telpon/ Faks/ E-mail :
  - j. Alamat Rumah : Jalan Willem Iskandar Medan
  - k. Telpon/ Faks/ E-mail :
4. Jumlah Anggota Peneliti : 1
- Nama Anggota Peneliti dan NIDN : 1. Winsyahputra Ritonga, S.Pd., M.Si. — 198109192006041002  
: 2. —  
: 3. —
- Nama dan NIM Mhs yang terlibat : 1. —  
: 2. —  
: 3. —
5. Institusi Mitra
- Nama Institusi Mitra :  
Alamat :  
Penanggung Jawab :
6. Lokasi Penelitian : Medan
- Jumlah Biaya Penelitian : Rp 125.000.000



Medan, 21-11-2022  
Ketua Peneliti  
  
Mukti Hamjah Harahap, S.Si., M.Si.  
197704252008011011

## DAFTAR ISI

LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN PENGEMBANGAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN PENGEMBANGAN .....	iii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
RINGKASAN .....	vii
BAB 1. PENDAHULUAN .....	8
1.1. Latar Belakang .....	8
1.2. Perumusan Masalah .....	9
1.3. Ruang Lingkup Penelitian (Batasan Penelitian) .....	9
1.4. Target Capaian (Luaran) Penelitian .....	10
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	11
2.1. Teknologi Tungku Listrik .....	11
2.2. Ruang dan Elemen Pemanas .....	12
2.3. Sistem Kontrol Ruang Tungku .....	134
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	16
3.1. Tujuan Penelitian .....	16
3.2. Manfaat (Kontribusi) Penelitian .....	16
BAB 4. METODE PENELITIAN.....	17
4.1. Jenis Penelitian.....	17
4.2. Tempat Penelitian .....	17
4.3. Pengumpulan dan Teknis Analisis Data .....	17
4.4. Rancangan Penelitian.....	18
BAB 5. DRAFT HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....	20
5.1. Ruang Bakar Tungku ( <i>Chamber</i> ).....	20
5.1.1. Refractory .....	20

5.1.2.	Lapisan Kapas Tahan Api (Rockwool).....	20
5.1.3.	Lapisan Insulator (Bata Tahan Api).....	22
5.1.4.	Lapisan Bata Ringan (Hebel).....	22
5.1.5.	Desain Lengkap Tungku Listrik (Furnace).....	23
5.2.	Pengujian Tungku .....	23
5.2.1.	Suhu Capaian Ruang Bakar .....	25
5.2.1.1.	Pengujian I .....	25
5.2.1.2	Pengujian II.....	27
5.2.1.3	Pengujian III.....	28
5.2.1.4	Pengujian IV .....	29
BAB 6.	DRAF KESIMPULAN DAN SARAN DAFTAR PUSTAKA.....	30
	DAFTAR PUSTAKA.....	31
	LAMPIRAN.....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk dan bagian umum sebuah tungku listrik.....	11
Gambar 2.2. Tampilan bagian dalam ruang pemanas sebuah tungku listrik (Alaneme dkk, 2010). .....	12
Gambar 2.3. Elemen pemanas tungku listrik yang dirangkai di bagian dalam dinding refractory.....	12
Gambar 2.4. Diagram umum sistem kontrol.....	14
Gambar 2.5. Sistem Pengontrolan PID yang digunakan dalam pengontrolan tungku listrik. ....	15
Gambar 4.1. Diagram penelitian yang diusulkan dari tahap awal sampai dengan tahap akhir. ....	18
Gambar 5.1. Desain Refractory untuk tungku listrik Horizontal.....	20
Gambar 5.2. Model kapas tahan api (rockwool) yang digunakan sebagai lapisan kedua untuk ruang bakar tungku listrik .....	21
Gambar 5.3. Bata ringan alumina sebagai pelapis ketiga ruang bakar tungku listrik..	22
Gambar 5.4. Bata ringan (hebel) sebagai lapisan terakhir ruang bakar tungku listrik.	22
Gambar 5.5. Desain utuh tungku listrik (electrical furnace).....	23
Gambar 5.6. Stuktur material lapisan ruang pembakaran.....	23

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Rencana Target Capaian Tahunan .....	10
Tabel 5.1. Spesifikasi Kapas tahan api (Rockwool) 1260 Blanket yang digunakan sebagai pelapis refractory tungku listrik .....	21
Tabel 5.2. Spesifikasi material pelapis ruang pembakaran tungku listrik .....	24
Tabel 5.3. Hasil pengujian 2. ....	27
Tabel 5.4. Hasil pengujian 3 .....	28
Tabel 5.5. Hasil pengujian 4. ....	29

## **RINGKASAN**

Teknologi rekayasa pemanfaatan energi listrik menjadi energi panas atau energi lainnya yang dibutuhkan dunia industri menjadi salah satu rencana induk riset nasional (RIRN). Hal ini juga selaras dengan rencana strategis penelitian Universitas Negeri Medan yang mendorong pelaksanaan penelitian di bidang energi. Penelitian ini mengangkat topik pemanfaatan energi listrik untuk pengembangan tungku listrik horizontal bersuhu hingga 600 °C. Tungku listrik horizontal dengan pengaturan aliran gas dan pendeteksian gas buangan dapat digunakan dalam industry seperti pengembangan bahan bakar dan pengionisasian material sehingga mendapatkan karakteristik yang optimum. Rancangan tungku listrik dimulai dari pembentukan dinding refractory dari bahan campuran semen tahan panas tinggi hingga 600°C. Selanjutnya dirangkai elemen pemanas di dalam dinding refractory tersebut hingga ke semua permukaan dinding. Sistem kontrol pemanasan untuk mengatur laju temperatur di dalam tungku akan dirancang dan dihubungkan dengan termokopel tipe B. Sebelum dipabrikasi, sistem tungku listrik akan diuji coba secara simultan sehingga diperoleh tungku listrik yang aman, mudah pengoperasiannya, tahan lama dan murah. Dari hasil penelitian ini ditargetkan luaran berupa artikel yang diterbitkan pada jurnal internasional bereputasi dan prototipe yang siap dilakukan pabrikasi.

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Proses mendapatkan beberapa medium atau wadah dari bahan gelas tidak terlepas dari sistem peleburan komposisi senyawa logam di dalam tungku pemanas. Pada umumnya dibutuhkan suhu tinggi untuk menghasilkan kaca berkualitas tinggi dan memiliki nuansa artistik. Untuk mencapai performa tungku pemanas sampai suhu 1300 °C, sebuah tungku pemanas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis bahan bakar, sistem aliran udara pembakaran, bentuk, ukuran dan bahan ruang pembakaran tungku (Ding dkk, 2019). Salah satu jenis tungku pemanas yang sangat populer saat ini dan mampu mencapai suhu tinggi adalah tungku listrik (electric furnace) dengan sumber energi listrik. Beberapa aplikasi penggunaan tungku listrik saat ini seperti pembuatan keramik, ekstraksi logam dari bijih (smelting) atau di kilang minyak dan pabrik kimia lainnya, misalnya sebagai sumber panas untuk kolom distilasi fraksional. Pada umumnya tungku pemanas membutuhkan sumber bahan bakar seperti gas alam, termasuk LPG (liquefied petroleum gas), bahan bakar minyak, batu bara atau kayu (Nirala dkk, 2020). Dalam beberapa kasus pemanasan, resistensi listrik juga sering digunakan sebagai sumber panas sehingga diperlukan desain ruang reaktor khusus. Silicon Carbide (SiC) dengan daya mencapai 2,5 kW tiga fasa pada umumnya dibutuhkan sebagai sumber pemanas merupakan pada furnace suhu tinggi. Selain itu, power supply dengan transformator ganda dan multi-tapped juga dihubungkan ke setiap elemen pemanas untuk menjaga pemerataan distribusi (Xuewei dkk, 2019). Bahan yang paling banyak digunakan untuk pembuatan elemen pemanas pada furnace listrik suhu tinggi terdiri dari beberapa jenis, antara lain: paduan beberapa logam Ni-Cr, dan FeCr-Ni yang biasa disebut elemen pemanas khantal. Bahan yang digunakan untuk temperatur tinggi sangat ditentukan oleh suhu maksimum yang dikehendaki (Sulistiyawan, 2017). Untuk menahan panas sehingga tidak keluar sistem pembakaran maka dibutuhkan insulator khusus dari bahan keramik. Dibandingkan dengan pemanas sumber bahan bakar lainnya, furnace listrik dengan sumber pemanas Silicon Carbide lebih mudah dalam pengaturan suhu, laju kenaikan dan penurunan suhu lebih cepat sehingga waktu pemanasan (heating), peleburan (melting) atau proses pendinginan (annealing) material tidak memakan waktu yang lama.

Beberapa tungku listrik yang telah diproduksi dan ada dipasaran saat ini masih memiliki beberapa kelemahan diantaranya elemen pemanas yang ditanamkan dalam ruang pemanas cenderung tidak tahan lama terhadap suhu tinggi. Hal ini menyebabkan seringnya putus aliran listrik di dalam rangkaian elemen tersebut (Wang dkk, 2019). Insulator yang didesain dalam dinding tungku juga masih menghantarkan panas yang banyak ke luar sistem sehingga sistem pemanasan tidak efisien dan menimbulkan kebocoran termal. Kelemahan lainnya yang tidak kalah penting adalah sistem pengontrolan dan pembacaan suhu ruang dalam tungku yang sering tidak akurat dan tidak sesuai dengan panas sebenarnya (Chen dkk, 2020). Kejadian seperti ini merupakan hal yang sangat fatal dalam penggunaan tungku listrik, dimana material yang sedang dipanaskan atau dileburkan akan mengalami kegagalan produksi. Integrasi elemen-elemen penting dalam sistem pemanas tungku listrik sangat perlu diperhatikan dan dianalisis secara mendalam. Tingginya kebocoran termal dan kandungan material dalam tungku akan menyebabkan kerugian yang sangat besar khususnya dalam keselamatan kerja pengguna. Ekspansi termal yang tidak merata dalam tungku listrik juga akan menyebabkan ketidakmerataan pemanasan atau peleburan material sehingga berakibat pada kegagalan produksi juga.



Keterbatasan dan kekurangan di dalam tungku listrik dapat diatasi melalui beberapa tindakan seperti perancangan sistem pengontrolan suhu berbasis sensor termal dengan tingkat ketahanan panas melebihi suhu kerja sistem pemanas. Detektor kerusakan elemen juga perlu disisipkan di dalam ruang tungku pemanas yang dilengkapi dengan sistem monitoring pelaporan secara real time. Ruang tungku harus didesain secara proporsional dan terhadap jumlah rangkaian elemen pemanas ketebalan insulator keramik dan lapisan baja luar untuk mendapatkan efisiensi kerja tungku yang tinggi (Liu dkk, 2019). Begitu juga dengan pemasangan blower panas, kecepatan putaran, tingkat kebisingan dan sistem sirkulasi di dalam ruang tungku perlu menjadi pertimbangan yang tinggi untuk mendapatkan tungku listrik yang hemat energi (Okazaki, 2020). Untuk mengoptimalkan hasil pemanasan atau peleburan material, maka laju kenaikan atau penurunan suhu dalam ruang tungku sangat perlu diatur dengan memanfaatkan blower yang tepat.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana desain tungku listrik bersuhu tinggi untuk diaplikasikan dalam industri dan hemat energi?
2. Bagaimana ekspansi termal dalam ruang pemanas tungku listrik yang didesain untuk industri?
3. Bagaimana sistem pengontrolan suhu di dalam ruang pemanas tungku yang didesain untuk industri?

## **1.3. Ruang Lingkup Penelitian (Batasan Penelitian)**

Untuk lebih fokus dan terarah, maka penelitian ini akan dibatasi dalam hal:

1. Jenis tungku listrik (electric furnace) yang akan dirancang adalah horizontal dengan pengaturan aliran gas dan pedeteksi gas buangan pada suhu 600 °C
2. Parameter fisis pengukuran berupa ekspansi termal, laju kenaikan dan penurunan suhu saat proses pendinginan dan sistem pengontrolan suhu dalam ruang tungku

#### 1.4. Target Capaian (Luaran) Penelitian

Adapun rencana capaian tahunan yang direncanakan dalam penelitian ini adalah seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.1. Rencana capaian tahunan ini mengikuti lama pelaksanaan penelitian yakni selama 1 (satu) tahun.

Tabel 1.1. Rencana Target Capaian Tahunan

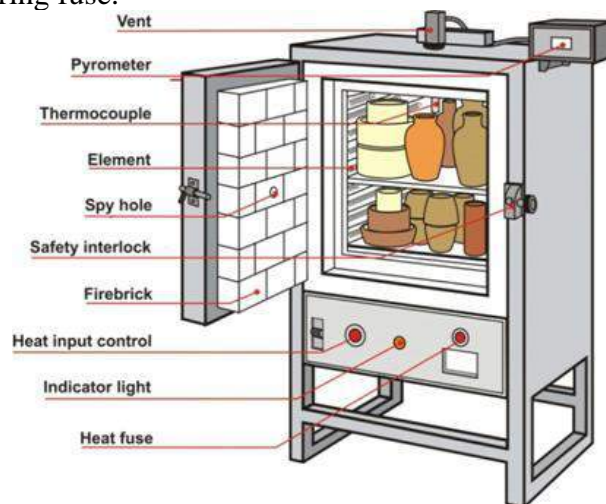
No	Jenis Luaran		Indikator Capaian
	Kategori	Sub Kategori	TS
1	Publikasi Ilmiah	Internasional	<i>Accepted</i> (√)
		Nasional terakreditasi	
2	Pemakalah dalam Temu Ilmiah	Internasional Terindeks (Bereputasi Internasional)	<i>Sudah dilaksanakan</i> (√)
		Nasioinal	
3	<i>Invited Speaker</i> dalam temu ilmiah	Internasional	
		Nasional	
		Lokal	
4	<i>Visiting Lecturer</i>	Internasional	
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten	
		Paten sederhana	
		Hak cipta	√
		Merek dagang	√
		Rahasia dagang	
		Desain produk industri	√
		Desain produk pectrum	
6	Teknologi Tepat Guna		
7	Model/Purwarupa/ Desain/ Karya Seni/ Rekayasa Sosial (Prototipe)		√
8	Buku Ajar (ISBN)		
9	Angka Partisipasi Dosen		2

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Teknologi Tungku Listrik

Tungku listrik merupakan alat pembakaran atau pemanasan atau peleburan suatu material zat padat dengan menggunakan tenaga listrik. Pada umumnya material yang dibakar atau dilebur dalam sebuah tungku listrik berupa material keramik, sekam padi, cangkang, besi, baja, logam, gelas dan bahan zat padat lainnya (Zhao dkk, 2018). Pada umumnya pembakaran dan peleburan material-material zat padat dilakukan di dalam tungku listrik bertujuan untuk menjaga parameter-parameter yang diinginkan dapat tercapai. Selain parameter suhu, menjaga tekanan dan tingkat kemurnian bahan menjadi alasan penting dalam pemanfaatan tungku listrik (Hemmer dkk, 2014).

Dari sisi sumber bahan bakar, tungku listrik memanfaatkan energi listrik yang diubah menjadi energi panas. Selanjutnya energi panas inilah yang akan mematangkan atau melebur material zat padat hingga sesuai yang diinginkan (Dengiz dkk, 2020). Pembakaran dengan tungku listrik merupakan cara pembakaran yang paling mudah dan efisien karena dalam tungku listrik biasanya telah dilengkapi perlengkapan kontrol yang memadai, seperti saklar/tombol penyala yang sekaligus berfungsi sebagai regulator (pengatur energi listrik), program pembakaran (waktu maupun suhu pembakaran), thermocouple-pyrometer sebagai penunjuk suhu bakar. Adapun bagian-bagian dari tungku listrik jika dilihat dari sisi luar dapat dilihat pada Gambar 2.1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa tungku listrik terdiri dari beberapa komponen diantaranya termokopel, elemen pemanas, alat ukur suhu (pyrometer), ventilasi, panel kontrol, lampu indikator dan sekering fuse.



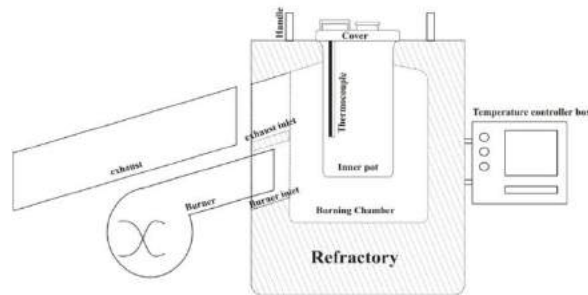
Gambar 2.1. Bentuk dan bagian umum sebuah tungku listrik

Vent merupakan sebuah lubang pada bagian atas tungku yang berfungsi untuk keluarnya uap air pada saat proses pembakaran berlangsung. Untuk mengetahui suhu ruang di dalam ruang tungku maka dipasang pyrometer yakni alat pengukur tinggi temperatur bakar di dalam ruang pembakaran. Thermocouple merupakan alat yang berfungsi untuk memancarkan informasi temperatur ruang tungku pembakaran ke pyrometer. Pada bagian dalam dinding ditanam element berupa kumparan untuk mengaliskan panas pada tungku pembakaran. Untuk mengamati keadaan di dalam ruang pembakaran maka disisipkan Spy hole yang merupakan lubang untuk mengintai pancang suhu yang terpasng dalam ruang tungku pembakaran.

Beberapa aksesoris lainnya adalah safety interlock, fire brick yang masing-masing fungsinya adalah pengaman pintu tungku pembakaran untuk mencegah pintu terbuka selama proses pembakaran dan sebagai isolasi panas yang efektif dan aman. Sedangkan heat input control dan indicator light masing-masing berfungsi untuk mengendalikan temperature selama proses pembakaran berlangsung dan sebagai lampu indicator yang menunjukkan ada tidaknya aliran listrik yang masuk. Komponen terakhir adalah heat fuse alat untuk mencegah tungku pembakaran dari pembakaran yang terlalu tinggi.

## 2.2. Ruang dan Elemen Pemanas

Ruang pemanas dinyatakan juga sebagai dapur penerima panas untuk proses pembakaran atau peleburan. Untuk dapat mempertahankan panas di dalam ruang tungku listrik, maka pada lapisan tungku diberi material refractory. Material ini sejenis campuran bubuk halus yang dicetak menjadi suatu bentuk tertentu dan tahan pada suhu tinggi (diatas 1200°C) sehingga mampu mempertahankan kekuatannya. Pada umumnya material refractory ini digunakan dalam lapisan tungku, klin, insinerator, reaktor dan juga untuk pembuatan cawan lebur (crucible). Selain tahan api, bahan ini harus tahan terhadap perlakuan kimia dan fisik stabil pada suhu tinggi. Tergantung pada lingkungan operasi, material refractory juga harus tahan terhadap kejutan termal, secara kimia dan/atau memiliki rentang tertentu konduktivitas termal dan koefisien ekspansi termal. Tata letak material refractory di dalam ruang pemanas tungku listrik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Tampilan bagian dalam ruang pemanas sebuah tungku listrik (Alaneme dkk, 2010).

Dalam tungku listrik terdapat ruang pemanas yang diisi dengan elemen pipa dan ditempelkan pada dinding tembok ruang pembakaran. Elemen pipa ini dirangkai berbentuk spiral kemudian dililitkan sepanjang ruangan pemanas seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Elemen pemanas tungku listrik yang dirangkai di bagian dalam dinding refractory

Beberapa desain dan bahan elemen pemanas logam tahan api adalah:

## 1. Elemen Pemanas Logam

Koil kawat atau elemen pemanas listrik "zigzag". Elemen pemanas listrik dan tungku non-vakum yang digunakan pada komponen listrik pada umumnya tidak berbeda, terutama terbuat dari kawat molibdenum. Koil umumnya dibentuk dengan diameter 2 sampai 2.5 mm dari bahan kawat yang terbuat dari molibdenum listrik. Elemen pemanas "zigzag" terbuat dari batang kawat dari penampang melintang yang lebih besar daripada pemanas koil. Mereka membutuhkan kekuatan yang lebih tinggi dan dirancang untuk memiliki ruang vakum tidak kurang dari 0,1 sampai 100 Pa (Xu dkk, 2019). Selain berbentuk zig-zag, bentuk elemen pemanas lainnya adalah seperti serat atau batang. Elemen pemanas ini mampu mencapai suhu 2300 °C suhu. Bahan pemanas listrik ini pada umumnya dari tungsten, dan kadang-kadang dengan molybdenum (suhu operasi di bawah 1700 °C). Ujung batang dilemparkan ke dalam tembaga, membentuk bagian yang terangkat, dimana batangnya dapat diamankan. Ujung atas setiap batang didinginkan oleh air dan dibawa keluar melalui penutup. Ujung bawah batang dipasang pada chassis berbentuk kipas yang didinginkan dengan air. Pemanas listrik umum terbuat dari batang tungsten, batang dan komposisinya (Xiao dkk, 2020).

## 2. Elemen pemanas grafit

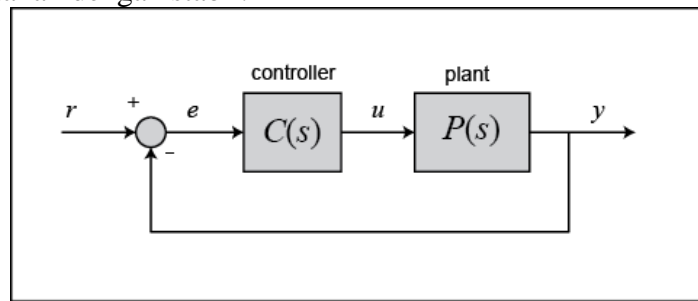
Selain logam tahan api, grafit yang tahan api dapat dibandingkan dengan pemanas air pemanas listrik vakum. Logam grafit memiliki kinerja yang baik karena memiliki perubahan resistansi yang kecil terhadap perubahan suhu. Grafit memiliki daya tahan tinggi, bisa lebih besar di bagian bodi listrik, penggunaan puluhan volt tenaga. Elemen pemanas grafit umum untuk kondisi hampa 0,1 a 100Pa, penggunaan batas suhu 2200 °C. Di bawah kondisi vakum di atas, kehidupan kerja grafit pada 2300 °C, hanya beberapa lusin jam, dan 2400 sampai 2500 °C, hanya beberapa jam. Perlu dicatat bahwa konduktivitas termal grafit pada suhu rendah adalah baik, dan pada suhu tinggi ketika suhu turun sampai sepersekian suhu rendah, maka akan menyebabkan elemen pemanas dan perbedaan suhu permukaan luar, menghasilkan tegangan mekanik, yang dihasilkan. dalam kerusakan komponen listrik Pada desain elemen pemanas grafit harus dihitung saat tegangan dihasilkan (Ajtony dkk, 2016).

Selain struktur bagian dalam, bagian luar juga menjadi perhatian khusus dalam mendesain tungku listrik. Rangka luar terbuat dari baja yang berfungsi untuk menahan rangka bagian dalam yang terbuat dari blok terbuat dari alumunium oksida atau alumina dengan rumus truktur  $Al_2O_3$  yang cukup rapuh.  $Al_2O_3$  juga berfungsi sebagai reflektor (Munro dkk, 1993) agar panas dapat berkumpul dalam ruang bakar. Alumina ( $Al_2O_3$ ) merupakan material yang mempunyai sifat fisika dan kimia yang cukup baik untuk berbagai aplikasi seperti refklektor untuk furnace, karena memiliki temperatur leleh yang sangat tinggi mencapai 2051°C dan dapat mempertahankan kekuatan suhu 1500 °C sampai 1700 °C. Di samping itu Alumina mempunyai ketahanan listrik yang tinggi dan tahan terhadap kejutan termal dan korosi sehingga sangat cocok untuh bahan refraktori.

### 2.3. Sistem Kontrol Ruang Tungku

Pada rancang bangun furnace ini diperlukan sebuah sensor yang dapat membaca setiap perubahan suhu. Dalam sistem yang dirancang pada umumnya digunakan sensor termokopel tipe R yang mampu mengukur suhu hingga 1500°C (Yan dkk, 2020). Termokopel merupakan sensor temperatur yang bisa digunakan mengukur suhu dengan nilai yang tinggi. Oleh karena itu sensor suhu termokopel banyak digunakan untuk industri. Sensor suhu termokopel memiliki nilai output yang kecil dengan noise yang tinggi, sehingga memerlukan rangkaian pengkondisi sinyal agar nilai output tersebut dapat dibaca dengan baik.

Sistem kontrol yang digunakan dalam tungku listrik mengacu pada pengontrolan Proportional, Integral and Derivative (PID). Diagram alir sistem kontrol PID dapat dilihat pada Gambar 2.4. Pengontrol proporsional (P) berperan untuk mengatur keadaan stabil yang lebih cepat, selanjutnya pengontrol integral (I) berperan untuk mengurangi keadaan kondisi yang berlebihan (overshoot) di dalam ruangan. Sedangkan pengontrol Derivatif (D) berperan untuk membuat sistem bertahan dengan stabil.



Gambar 2.4. Diagram umum sistem kontrol

Dimana  $D(s)$  merupakan fungsi transfer dari pengontrolan PID, dan  $G(s)$  merupakan fungsi transfer kontrol plant, sedangkan  $r$  merupakan sinyal input menuju palant dan  $e$  merupakan sistem eror. Adapun fungsi  $u$  merupakan input yang dikontrol dalam sistem dan fungsi  $y$  merupakan sinyal keluaran. Berdasarkan Gambar 2.4 persamaan pengontrolan PID dapat ditulis seperti berikut:

$$\text{Persamaan 1. } mv(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

dengan

$$\text{Persamaan 2. } K_i = K_p \frac{1}{T_i} \text{ dan } K_d = K_p Td$$

Dimana :

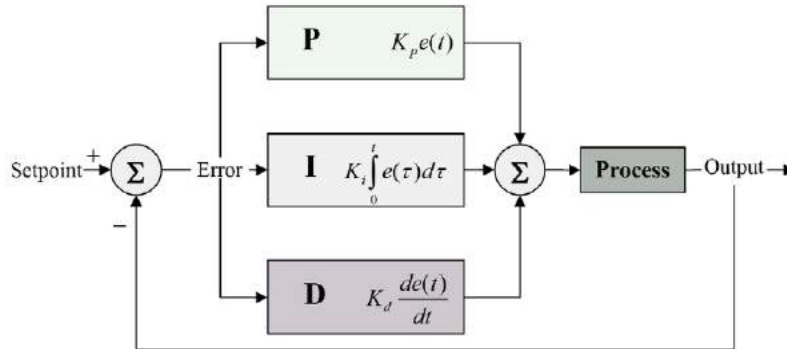
$mv(t)$  = output dari pengontrol PID atau Manipulated Variable

$K_p$  = konstanta Proporsional

$T_i$  = konstanta Integral

$Td$  = konstanta Derivatif

Untuk lebih memaksimalkan kerja pengontrol diperlukan nilai batas minimum dan maksimum yang akan membatasi nilai Manipulated Variable yang dihasilkan. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proportional, Integratif dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Sistem Pengontrolan PID yang digunakan dalam pengontrolan tungku listrik.

## **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **3.1. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk merancang dan mendesain tungku listrik horizontal dengan pengaturan aliran gas dan pendeteksian gas buangan.
2. Mengetahui ekspansi termal dalam ruang pemanas tungku listrik horizontal.
3. Merancang sistem pengontrolan suhu di dalam ruang pemanas tungku listrik horizontal.

### **3.2. Manfaat (Kontribusi) Penelitian**

Adapun manfaat dan kontribusi penelitian ini pada pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni, pemecahan masalah pembangunan atau pengembangan kelembagaan adalah :

1. Memberikan sumbangsih berupa pemikiran, rancangan dan produk tungku listrik (electric furnace) yang efisien, hemat energi dan murah bagi dunia industri khususnya industri rekayasa material.
2. Meningkatkan daya saing Universitas Negeri Medan (Unimed) secara nasional, regional dan internasional dalam bidang riset dan publikasi ilmiah.
3. Meningkatkan angka partisipasi dosen dalam melaksanakan penelitian dan publikasi ilmiah.
4. Membantu pemerintah dalam mewujudkan kemandirian bangsa dalam bidang pengadaan alat tungku listrik.



## **BAB 4. METODE PENELITIAN**

### **4.1. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang diusulkan ini merupakan penelitian pengembangan berbasis eksperimen berskala laboratorium. Rencana strategis (renstra) penelitian Universitas Negeri Medan dan rencana implementasi penelitian KDBK Prodi Fisika Unimed menjadi acuan pelaksanaan penelitian ini. Adapun diagram penelitian yang direncanakan dalam usulan ini ditunjukkan pada Gambar 4.1. Terlihat jelas bahwa beberapa studi awal telah dilakukan sebelumnya untuk mendukung keterlaksanaan penelitian ini. Dalam diagram tersebut juga terlihat bahwa diakhir pelaksanaan penelitian akan dihasilkan sebuah prototipe tungku listrik bersuhu tinggi dan memiliki efisiensi daya yang tinggi. Beberapa parameter struktur, listrik, dan termal akan ditelusuri untuk mengetahui performa dari tungku listrik tersebut.

### **4.2. Tempat Penelitian**

Untuk mewujudkan tujuan penelitian ini sesuai target maka penelitian ini akan dilakukan selama 6 (enam) bulan dari bulan Juni sampai dengan Nopember 2020. Sedangkan tempat pelaksanaan akan dipusatkan pada laboratorium fisika Unimed. Sedangkan beberapa pelaksanaan uji coba dan pembuatan bagian luar tungku akan dilakukan di PT. RESTU SAFETY GLASS yang berlokasi di Jl. Tojai No. A2-3 Komp. Mabar Estate, Medan Deli.

### **4.3. Pengumpulan dan Teknis Analisis Data**

Jenis data yang diperoleh dari penelitian ini merupakan data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif berupa angka pasti dari hasil pengukuran alat-alat terstandarisasi seperti halnya pengukuran kenaikan suhu, pengukuran tegangan listrik, data sistem pengontrolan, pengukuran hasil sensor pyrometer dan uji kekuatan material refractory. Data tersebut dalam beberapa format ekstensi numerik yang perlu diolah dan dikonversi kedalam bentuk grafik dan tabel. Selanjutnya dilakukan analisis sesuai dengan fenomena yang terjadi dengan membandingkan ke beberapa hasil dari artikel jurnal bereputasi sebelumnya. Sedangkan data kualitatif diantaranya ada hasil tampilan tungku listrik yang dapat dideskripsikan secara analisis kualitatif.



Gambar 4.1. Diagram penelitian yang diusulkan dari tahap awal sampai dengan tahap akhir.

#### 4.4.Rancangan Penelitian

Secara garis besar, rancangan penelitian ini mengacu pada diagram yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Terlihat dari gambar tersebut bahwa penelitian ini dimulai dengan studi awal terhadap kesesuaian antar komponen atau elemen pendukung tungku listrik bersuhu tinggi ini. Setiap komponen dan bahan material pembuat tungku yang sudah tersedia akan diukur sifat fisis, struktur maupun termal sehingga tidak terjadi kerusakan pada komponen tersebut. Tahapan selanjutnya adalah mendesain ukuran (dimensi) optimum ruang pemanas sesuai kebutuhan peleburan medium gelas untuk industri. Setelah diperoleh dimensi (ukuran) optimum, maka akan

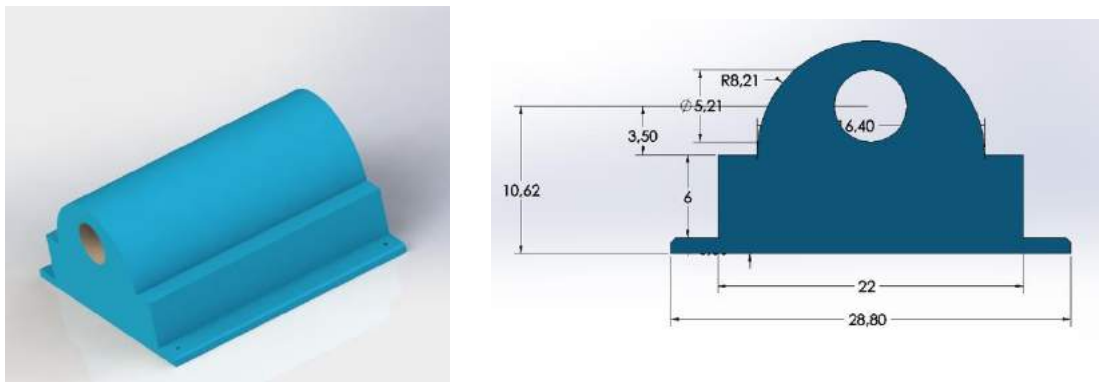
dilakukan pencetakan dinding ruang pemanas yang juga disisipkan elemen pemanas dari bahan logam tahan panas. Sistem pengontrolan ruang pemanas khususnya pengontrol suhu juga dirancang dan diuji mampu mendeteksi perubahan suhu tinggi hingga 1500 °C. Setelah semua sistem terpasang maka dilakukan pengujian tungku listrik secara bertahap dari suhu rendah hingga suhu tinggi (1500 °C).

## BAB 5. DRAFT HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

### 5.1. Ruang Bakar Tungku (Chamber)

#### 5.1.1. Refractory

Lapisan refractory yang dihasilkan dari invensi ini merupakan campuran material semen trimortar dan air. Untuk memperoleh satu sisi refractory maka komposisi semen trimortar yang digunakan adalah sebanyak 2 kg dicampur dengan air sebanyak 1 liter. Sebelum dicampur dengan air, semen trimortar terlebih dahulu diayak untuk memisahkan semen yang halus dengan yang kasar. Setelah diperoleh semen halus maka dicampur dengan air dan diaduk sampai merata dan berbentuk bubur. Campuran ini dijaga supaya tidak terlalu encer dan ditunggu sampai 10 menit sebelum dicor kedalam cetakan. Saat melakukan pengecoran, permukaan cetakan dibuat rata untuk menjaga distribusi panas yang merata di dalam chamber. Setelah dicor refractory dijemur dikeringkan dan dijemur di bawah panas matahari selama 28 hari. Setelah benar-benar kering maka refractory siap dipasang ke dalam tungku listrik. Adapun model refractory yang telah didesain terlihat untuk ke-enam sisi ruang chamber terlihat pada Gambar 5.1 berikut:



Gambar 5.1. Desain refractory untuk tungku listrik horizontal

Terlihat dari Gambar 5.1. bahwa sisi samping kiri, kanan dan belakang refractory telah dibuat kolom parit untuk tempat rangkaian elemen pemanas diletakkan. Sedangkan sisi atas refractory tidak diberikan kolom parit dan elemen pemanas karena digunakan sebagai lewatnya termokopel untuk mendeteksi suhu. Begitu juga sisi bawah tidak dibuatkan kolom dan elemen pemanas karena akan digunakan sebagai tempat sampel yang akan dilebur.

#### 5.1.2. Lapisan Kapas Tahan Api (Rockwool)

Setelah refractory disusun berbentuk kubus maka bagian luar refractory dilapisi dengan kapas serat keramik tahan api (rockwool) dengan ketebalan 1,5 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 5.2. Rockwool merupakan serat keramik yang terbuat dari bahan paling murni, yang dilelehkan secara elektrik, dihembuskan melalui udara dengan kecepatan tinggi, dan berserat ringan dan lembut saat disentuh. Rockwool memiliki sifat tahan api dan isolasi yang sangat baik.



Gambar 5.2. Model kapas tahan api (rockwool) yang digunakan sebagai lapisan kedua untuk ruang bakar tungku listrik

Melihat aplikasi Rockwool yang luas dalam industri utama seperti baja, bahan non-besi, petrokimia, keramik. Tidak hanya itu, tetapi juga digunakan secara luas untuk segel, untuk filter, dan sebagai serat penguat dari berbagai komposit. Dalam penelitian ini Rockwool digunakan untuk membalut dan menutupi seluruh bagian luar refractory secara menyeluruh. Adapun spesifikasi

Tabel 5.1. Spesifikasi Kapas tahan api (Rockwool) 1260 Blanket yang digunakan sebagai pelapis refractory tungku listrik

Klasifikasi temperatur	°C	1260
	°F	2300
Massa Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	4P	64
	6P	96
	8P	128
	10P	160
Konduktivitas Thermal (Kkal/m.hr.°C)	400 °C	0.06
	600 °C	0.10
	800 °C	0.14
	1000 °C	0.20
Konduktivitas thermal (W/m.k)	400 °C	0.08
	600 °C	0.13
	800 °C	0.20
	1000 °C	0.23
Perubahan panas (%)	1000 °C x 24 jam	-1.3
	1100 °C x 24 jam	-1.8
Diameter fiber	µm	2.8
Panjang fiber	Mm	~ 250
Komposisi Kimia (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47.1
	SiO <sub>2</sub>	52.3

### 5.1.3. Lapisan Insulator (Bata Tahan Api)

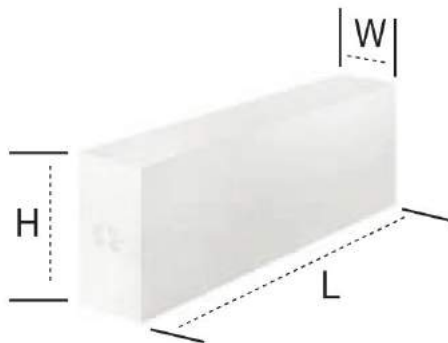
Bata ringan alumina tinggi disebut juga bata insulasi panas alumina tinggi, digunakan untuk membangun dinding penyekat panas atau dinding penahan panas, yang pada dasarnya untuk mengawetkan atau menyekat panas. Bata termal insulasi tahan api mengandung lebih dari 48% alumina oksida. Jenis bata termal ini untuk dijual tidak secara langsung terkena suhu tinggi di dalam kiln atau tungku, bata termal hanya dibangun dekat dengan dinding kiln sebagai insulasi. Insulator bahan bata ringan dari bahan campuran alumina seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.3. digunakan sebagai penyekat (penahan) panas. Cetakan bata ini digunakan pada lapisan ketiga chamber tungku listrik yang langsung berbatasan bagian dalam dengan kapas serat keramik. Sebanyak enam keping bata ini digunakan untuk melapisi enam sisi chamber (sisi kiri, kanan, atas, bawah, depan dan belakang).



Gambar 5.3. Bata ringan alumina sebagai pelapis ketiga ruang bakar tungku listrik

### 5.1.4. Lapisan Bata Ringan (Hebel)

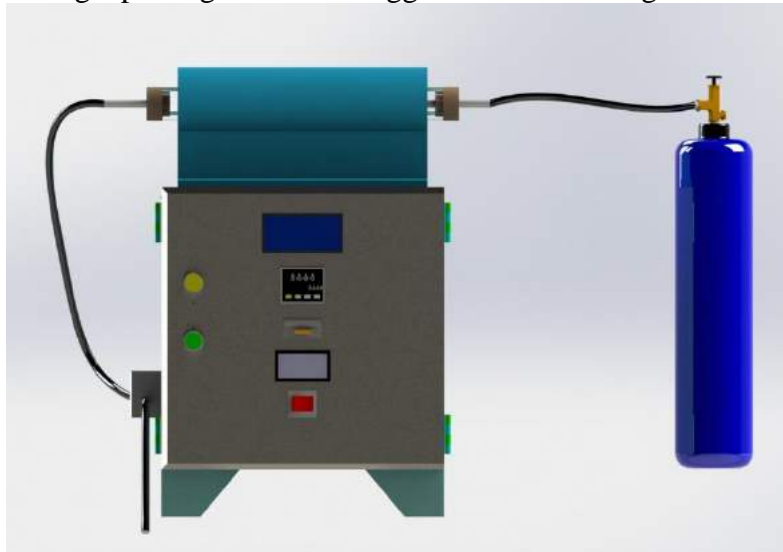
Lapisan terakhir dari chamber ini adalah balok beton ringan yang terbuat dari beberapa material seperti semen, kapur, fly ash dan bahan campuran kimia lainnya. Adapun ukuran dan konduktivitas termal batu bata ringan yang dipakai dalam invensi ini adalah masing-masing 600 (p) x 200 (l) x 100 (t) mm<sup>3</sup> dan 0.13 W/m.k. Sedangkan kekuatan tekan hebel yang digunakan kurang-lebih sebesar 3 N/mm<sup>2</sup>. Seperti diketahui bahwa hebel yang digunakan ini merupakan jenis beton yang sangat mudah ditemui di pasaran karena sangat sering digunakan sebagai dinding bangunan tinggi. Pemanfaatan bata hebel sebagai pelapis chamber tungku listrik yang didesain menjadi sesuatu yang baru dan ditawarkan dalam invensi ini karena sangat mudah didapat dan dibentuk.



Gambar 5.4. Bata ringan (hebel) sebagai lapisan terakhir ruang bakar tungku listrik

### 5.1.5. Desain Lengkap Tungku Listrik Horizontal (Furnace)

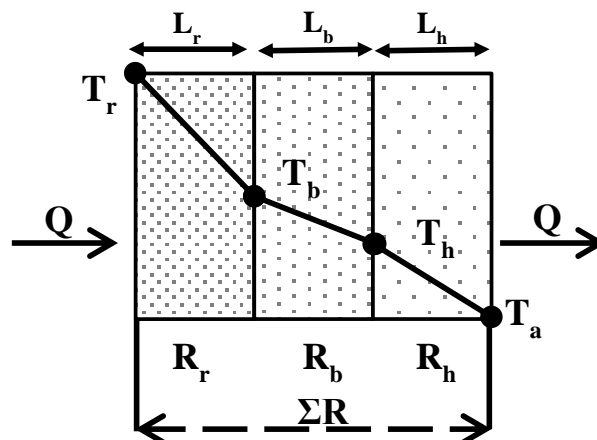
Tampilan lengkap tungku listrik (furnace) yang merupakan gabungan antara refractory, sistem elektrik, detektor suhu, casing, indikator dapat dilihat pada Gambar 5.5. Terlihat bahwa sistem pengontrolan tungku berada di bagian atas yang dilengkapi dengan sirkulasi udara (fan). Sedangkan sensor suhu berupa termokopel tipe R ditempatkan pada bagian atas tungku yang terhubung sampai ke ruang chamber. Untuk memastikan tungku dapat dipindah ke ruangan lain, maka sistem tungku dilengkapi dengan roda sehingga mudah untuk digeser.



Gambar 5.5. Desain utuh tungku listrik (electrical furnace)

### 5.2. Pengujian Tungku

Pembuatan tungku listrik membutuhkan data yang spesifik antara lain ialah menentukan laju perpindahan panas pada ruang pembakaran. Dalam menentukan laju perpindahan panas pada tungku listrik, harus kita ketahui besaran konduktifitas termal ( $U$ ) masing-masing material.



Gambar 5.6. Stuktur material lapisan ruang pembakaran.

Berdasarkan Gambar 5.6, harus diketahui terlebih dahulu besaran konduktifitas masing-masing material yang digunakan sebagai bahan pelapis ruang pembakaran pada tungku listrik.

Tabel 5.1. Spesifikasi material pelapis ruang pembakaran tungku listrik

Material	Konduktivitas Thermal	Tebal lapisan
	W/(m.K)	m
Refractory	1,51	0,030
Bata Tahan Api	0,45	0,067
Hebel	0,13	0,061

Menggunakan persamaan laju perpindahan panas dibawah ini, kita dapat menghitung panas yang lepas melalui masing-masing material pelapis ruang pembakaran tungku listrik, yaitu:

Persamaan 3.

$$Q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{(T_0 - T_1)}{R}$$

dimana :

Q : kalor dari luas permukaan material, W.

R : Thermal resistant dari luas permukaan material K/W.

T<sub>0</sub> : temperatur refraktori K.

T<sub>1</sub> : temperatur bata insulasi K.

Berdasarkan Persamaan 3 thermal resistant material dapat diketahui melalui,

Persamaan 4.

$$R_n = \frac{t_n}{k_n A}$$

Dimana:

R<sub>n</sub> : Termal resistant material, K/W.

t<sub>n</sub> : Ketebalan material, m.

k<sub>n</sub> : Konduktivitas thermal material, W/m.K.

A : luas permukaan material, m<sup>2</sup>.



## 5.2.1. Suhu Capaian Ruang Bakar

### 5.2.2.1. Pengujian I

menunjukkan distribusi kenaikan suhu untuk setiap lapisan tungku listrik

Dimana:

$T_r$  : Suhu dalam ruang pembakaran (refraktori) , (°C) & (°K).

$T_a$  : Suhu lapisan luar, (°C) & (°K).

$t$  : Waktu tempuh kenaikan suhu, (s).

Untuk menghitung laju perpindahan panas yang dihasilkan dari elemen pemanas, dan juga untuk menghitung distribusi suhu pada masing-masing lapisan pada tungku listrik berkapasitas 2200 Watt. Beberapa data yang diperoleh untuk konduktivitas termal masing-masing material pelapis tungku listrik ditampilkan pada Tabel 5., data tersebut menjelaskan tentang struktur, konduktivitas thermal, dan ketebalan material pelapis yang digunakan pada tungku listrik.

Untuk mengetahui laju perpindahan panas total pada tungku listrik melalui data pada, Gambar 5. menjelaskan tentang struktur lapisan material tungku listrik dan menggunakan persamaan laju perpindahan panas pada Persamaan 3 sehingga total energi panas tereduksi (*thermal loss*) menjadi :

$$\begin{aligned} Q &= Q_r = Q_b = Q_h \\ \frac{\Delta t}{R} &= \frac{\Delta t_r}{R_r} = \frac{\Delta t_b}{R_b} = \frac{\Delta t_h}{R_h} \\ \frac{(T_r - T_a)}{R} &= \frac{(T_r - T_b)}{R_r} = \frac{(T_b - T_h)}{R_b} = \frac{(T_h - T_a)}{R_b} \end{aligned}$$

Persamaan 5.

$$Q = \frac{(T_r - T_a)}{\left(\frac{L_r}{k_r A}\right) + \left(\frac{L_b}{k_b A}\right) + \left(\frac{L_h}{k_h A}\right)}$$

Menggunakan data pengukuran suhu pada masing-masing material pelapis tungku listrik dikonversikan kedalam Kelvin, diperoleh energi kalor tereduksi (*thermal loss*) ketika suhu pengukuran pada ruang pembakaran mencapai 1006°C (maksimum) :

$$Q = \frac{(1006^{\circ}\text{C} - 164^{\circ}\text{C})}{\left(\frac{(0,03\text{m})}{(1,51\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})(0,04\text{m}^2)}\right) + \left(\frac{(0,07\text{m})}{(0,45\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})(0,04\text{m}^2)}\right) + \left(\frac{(0,06\text{m})}{(0,13\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})(0,04\text{m}^2)}\right)}$$

$$Q = \frac{(1279\text{K} - 437\text{K})}{(0,48\text{K}\cdot\text{W}^{-1}) + (3,58\text{K}\cdot\text{W}^{-1}) + (11,28\text{K}\cdot\text{W}^{-1})}$$

$$Q = \frac{842\text{K}}{15,34\text{K}\cdot\text{W}^{-1}} = 54,90\text{W}$$

Menggunakan hasil perhitungan energi kalor tereduksi (*thermal loss*) di atas, kita dapat menghitung dsitribusi suhu pada masing-masing material pelapis tungku listrik menggunakan Persamaan 5, maka kita peroleh :

$$Q = \frac{(T_r - T_b)}{R_r}, Q = \frac{(T_b - T_h)}{R_b}, Q = \frac{(T_h - T_a)}{R_h}$$

Persamaan 6.

$$(T_r - T_b) = Q \times R_r, (T_b - T_h) = Q \times R_b, (T_h - T_a) = Q \times R_h$$

Distribusi suhu pada lapisan Bata Insulasi ( $T_b$ ) adalah

$$T_b = T_r - Q \times R_r$$

$$T_b = 1279\text{K} - 54,90\text{W} \times 0,48\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

$$T_b = 1279\text{K} - 26\text{K}$$

$$T_b = 1253\text{K} = 980^{\circ}\text{C}$$

Distribusi suhu pada lapisan Bata hebel ( $T_h$ ),

$$T_h = T_b - Q \times R_r$$

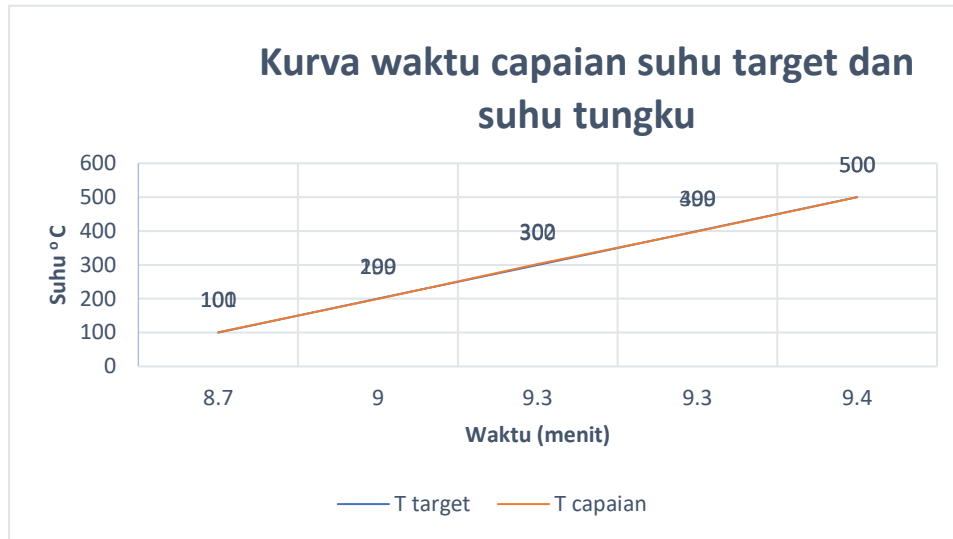
$$T_h = 1253\text{K} - 54,90\text{W} \times 3,58\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

$$T_h = 1253\text{K} - 196\text{K}$$

$$T_h = 1056\text{K} = 783^{\circ}\text{C}$$

Menggunakan hasil perhitungan di atas, energi kalor tereduksi (*thermal loss*), dan juga distribusi suhu pada masing-masing material pelapis tungku.

### 5.2.2.2 Pengujian 2

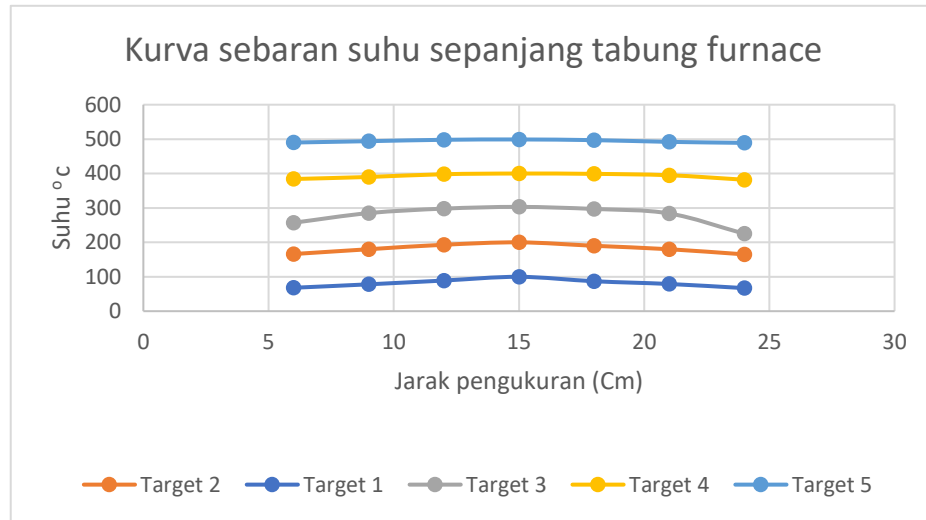


Tabel 5.3. Hasil Pengujian 2

Kurva diatas menunjukkan waktu yang dibutuhkan furnace untuk mencapai suhu yang ditargetkan, sehingga terlihat grafik suhu target dan suhu capaian oleh furnace. Waktu capaian ini cukup baik dengan rata-rata 9.1 menit untuk setiap 100 derajat Celsius dengan rata-rata penggunaan daya 987 watt.

Sedangkan distribusi panas pada tungku horizontal dengan titik pengukuran masing-masing berjarak 3 cm sepanjang tabung dapat digambarkan sebagaimana pada kurva dibawah ini.

### 5.2.2.3 Pengujian 3



Tabel 5.4. Hasil Pengujian 2

Jarak pada kurva diatas sesuai dengan panjang tungku horizontal dimana titik tengah pada jarak 15 cm. kurva menunjukkan perbaikan distribusi panas yang semakin merata disepanjang tungku. Pada suhu awal distribusi kurang baik akibat besarnya serapan material tungku, akan tetapi semakin tinggi suhu yang ditetapkan maka distribusi panas pada tungku semakin merata. Karakteristik ini diharapkan dapat memastikan bahwa setiap sampel yang dipanaskan dan diionisasi akan mendapatkan perlakuan panas yang sama.

#### 5.2.2.4 Pengujian 4

Suhu	Sebelum			Sesudah		
	CO	O	H	CO	O	H
100	60	202	606	42	146	551
200	58	182	580	43	133	526
300	58	181	574	50	152	519
400	67	194	579	63	171	522
500	76	210	584	91	214	551

Tabel 5.5. Hasil Pengujian 4

Data diatas menunjukkan pembacaan sensor gas pada ruang pembuangan sebelum dan sesudah dialirkan gas oksigen dengan kecepatan 1 ppm. Data memperlihatkan seluruh sensor gas bekerja dengan baik.

## **BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN DAFTAR PUSTAKA**

### **6.1. Kesimpulan**

Kegiatan penelitian pengembangan tungku horizontal dengan pengaturan aliran gas dan pendeteksian gas buangan telah berjalan dengan baik dengan hingga sampai tahap pengujian awal. Sitem pemanas dapat bekerja dengan baik dengan pengontrolan yang diinginkan.

## Daftar Pustaka

- Arenda, Anis., Akhmad, S.,(2017), Rancang Bangun Mesin Hot Press untuk Recycle Plastik HDPE dan Karakterisasi Pengaruh Temperatur Pemanasan Waktu Pemanasan dan Temperatur Pembukaan terhadap Cacat Flashing Cacat Warpage dan Konsumsi Energi Pencetakan, *Jurnal Ilmiah Rekayasa* 10(2), 108-115.
- Febryant,(2013), Rancang Bangun Mesin Cetak Hot Press Pneumatik, *JRM* 1(1), 6-10.
- Chen, Zhanxiu, Dan Zheng, Jin Wang, Lei Chen, and Bengt Sundén. "Experimental investigation on heat transfer characteristics of various nanofluids in an indoor electric heater." *Renewable Energy* 147 (2020): 1011-1018.
- Hanifi ,R., Marno.,Kardiman., Widiantom, E., (2019), Rancang Bangun Mesin Hotpress Untuk Pembuatan Papan Komposit Berbasis Limbah Sekam Padi Dan Plastik Hdpe ,*Journal of Infrastructure & Sciene Engineering* 2(1), 38-44.
- Junaidi, (2020), Pengembangan Alat Kempa Panas (Hot Press) Penekanan Dongkrak Hidrolik untuk Pembuatan Papan Komposit ukuran 25 cm x 25 cm, *Jurnal Teknik Mesin* 13(1), 25-31.
- Liu, Zhiyong, Kai Xu, Lingfei Qi, Hongye Pan, Zutao Zhang, Yajia Pan, Yanping Yuan, and Yikai Zeng. "A high efficiency electric heater based on dual-helical tube and screw-tape for instant water heating." *Applied Thermal Engineering* 160 (2019): 114018.
- Mubarot, I. Sofil., (2017) *Perancangan Konstruksi Mesin Press Panas Pneumatik Berbasis 2 Kontrol Relay Dengan Bantuan Software Solidwork*, Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Okazaki, Toru. "Electric thermal energy storage and advantage of rotating heater having synchronous inertia." *Renewable Energy* 151 (2020): 563-574.
- Wang, Zhengxu, Deli Gao, Binbin Diao, Leichuan Tan, Wei Zhang, and Kui Liu. "Comparative performance of electric heater vs. RF heating for heavy oil recovery." *Applied Thermal Engineering* 160 (2019): 114105.
- Yan, Weijie, Aidin Panahi, and Yiannis A. Levendis., (2020), Spectral emissivity and temperature of heated surfaces based on spectrometry and digital thermal imaging– Validation with thermocouple temperature measurements, *Experimental Thermal and Fluid Science* 112: 110017.
- Yusuf, N. K., Lajis, M. A., Ahmad, A., (2017), Hot Press as a Sustainable Direct Recycling Technique of Aluminium: Mechanical Properties and Surface Integrity, *materials* 10(902), 1-18.

## LAMPIRAN

### PROSES PEMBUATAN TUNGKU HORIZONTAL







# CERTIFICATE

No. 6777/ UN33.4/LL/2022

Proudly Presented to

**Winsyahputra Ritonga**

Has Participated in

**The 9<sup>th</sup> Annual International Seminar on Trends in Science and Science Education 2022**

Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Medan  
as

**PRESENTER**

Title

**Development And Engineering of Horizontal Electric Furnaces with Gas Flow Control and Exhaust Gas Detection**

Medan, Indonesia, November 8<sup>th</sup> 2022

Rector



**Dr. Syamsul Gultom, SKM., M.Kes.**  
NIP. 197605132000121003

Dean



**Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si.**  
NIP. 196607281991032002

Chairman



**Moondra Zubir, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
NIP. 198005282014041001





**KONTRAK PENELITIAN TERAPAN INOVASI  
TAHUN ANGGARAN 2022  
NOMOR: 0021/UN33.8/PPKM/PTI/2022**

Pada hari ini, **Senin** tanggal **Sebelas** bulan **Juli** tahun **Dua Ribu Dua Puluh Dua**, kami yang bertandatangan di bawah ini :

- 1. Prof. Dr. Baharuddin, ST, M.Pd.** : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Medan, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Negeri Medan, yang berkedudukan di Jl. Willem Iskandar Psr V Medan Estate, berdasarkan SK Ketua LPPM Universitas Negeri Medan Nomor: 720B/UN33.8/KEP/PPKM/IKU/2022, untuk selanjutnya disebut **Pihak Pertama**.
- 2. Mukti Hamjah Harahap, S.Si., M.Si.** : Dosen **Fakultas Matematika dan Ilmu Pendidikan Alam (FMIPA)** Universitas Negeri Medan, dalam hal ini bertindak sebagai Ketua **Penelitian Terapan Inovasi** Tahun Anggaran 2022, untuk selanjutnya disebut **Pihak Kedua**.

**Pihak Pertama** dan **Pihak Kedua** secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak **Penelitian Terapan Inovasi** Tahun Anggaran 2022 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1  
Ruang Lingkup Kontrak**

**Pihak Pertama** memberi pekerjaan kepada **Pihak Kedua** dan **Pihak Kedua** menerima dan melaksanakan pekerjaan **Penelitian Terapan Inovasi** Tahun Anggaran 2022 dengan judul **"Pengembangan dan Perekayasaan Ruang Tungku Listrik Horizontal dengan Pengaturan Aliran Gas dan Pendeteksian Gas Buangan"**.

**Pasal 2  
Dana Penelitian**

- (1) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 dibebankan pada dana internal (Badan Layanan Umum) Universitas Negeri Medan Tahun Anggaran 2022.
- (2) Besarnya dana untuk melaksanakan pekerjaan penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 125.000.000,- (Seratus Dua Puluh Lima Juta Rupiah)**.

**Pasal 3**  
**Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian**

- (1) **Pihak Pertama** akan membayarkan dana penelitian kepada **Pihak Kedua** secara bertahap sebagai berikut:
- a. Pembayaran **Tahap I** (70%) sebesar **Rp. 87.500.000,-** (*Delapan Puluh Tujuh Juta Lima Ratus Ribu Rupiah*);
  - b. Pembayaran **Tahap II** (30%) sebesar **Rp. 37.500.000,-** (*Tiga Puluh Tujuh Juta Lima Ratus Ribu Rupiah*);
  - c. Pembayaran Tahap II dibayarkan setelah **Pihak Kedua** mengunggah Laporan Kemajuan dan progress luaran ke <https://lppm.unimed.ac.id/simppm/> serta menyampaikan *hardcopy* Laporan Kemajuan selambat-lambatnya tanggal **15 Oktober 2022**.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **Pihak Pertama** kepada **Pihak Kedua** ke rekening sebagai berikut:

Nama : **Mukti Hamjah Harahap, S.Si., M.Si.**  
Nomor Rekening :  
Nama Bank : **PT BNI (Persero) Tbk**

- (3) **Pihak Pertama** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disebabkan kesalahan **Pihak Kedua** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

**Pasal 4**  
**Jangka Waktu**

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 dimulai sejak tanggal 11 Juli 2022 hingga 15 Desember 2022.

**Pasal 5**  
**Luaran**

- (1) **Pihak Kedua** berkewajiban untuk mencapai target **luaran wajib** penelitian yaitu:
- a. Minimal satu produk iptek-sosbud yang berupa metode, purwarupa, sistem, model, pertunjukan karya seni, atau teknologi tepat guna yang telah terdaftar di Kemenkumham, dibuktikan dengan sertifikat Hak Kekayaan Intelektual (paten);
  - b. Publikasi Jurnal Internasional Bereputasi terindeks Scopus atau Web of Science (Accepted/Terbit);
  - c. Kerjasama dengan Industri (MoA/MoU);
  - d. Laporan Akhir Penelitian didaftarkan Hak Cipta.
- (2) **Pihak Kedua** diharapkan dapat mencapai target **luaran tambahan** penelitian berupa:
- a. Pemakalah dalam pertemuan ilmiah Internasional;
  - b. Bahan Ajar/bagian Buku Ajar (ISBN);
  - c. Publikasi Internasional Bereputasi pada prosiding pada seminar ilmiah terindeks Scopus atau Web of Science (Accepted/Terbit);
  - d. Keynote Speaker dalam pertemuan ilmiah Internasional/ Nasional/Lokal;
  - e. Visiting Lecturer Internasional;
  - f. Kerjasama (MoU/MoA).
- (3) Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Tim Penilai/Reviewer luaran sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan.

## **Pasal 6** **Hak dan Kewajiban**

- (1) **Pihak Pertama** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **Pihak Kedua**;
- (2) **Pihak Pertama** berhak untuk mendapatkan dari **Pihak Kedua** luaran penelitian;
- (3) **Pihak Kedua** berkewajiban mengunggah laporan kemajuan, laporan akhir, dan luaran wajib serta luaran tambahan di laman <https://lppm.unimed.ac.id/simppm/>;
- (4) **Pihak Kedua** berkewajiban menyerahkan kepada **Pihak Pertama** *hardcopy* laporan kemajuan, laporan akhir, laporan penggunaan dana yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan.

## **Pasal 7** **Laporan Pelaksanaan Penelitian**

- (1) **Pihak Kedua** berkewajiban mengunggah laporan kemajuan dan progres luaran di laman <https://lppm.unimed.ac.id/simppm> serta menyerahkan *hardcopy* Laporan Kemajuan dan Laporan Keuangan tahap I (70%) kepada **Pihak Pertama** paling lambat **15 Oktober 2022** sebanyak **1 (satu)** eksemplar sebagai persyaratan pembayaran dana tahap II (30%).
- (2) **Pihak Kedua** berkewajiban mengunggah laporan akhir, luaran wajib dan tambahan di laman <https://lppm.unimed.ac.id/simppm> serta menyerahkan *hardcopy* laporan akhir, laporan keuangan II (30%), dan luaran penelitian paling lambat tanggal **15 Desember 2022**.
- (3) Laporan akhir penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (2) harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:
  - a. Bentuk/ukuran kertas **A4**
  - b. Ditulis dengan format font **Times New Roman**, **ukuran 12** dan **spasi 1½**
  - c. Sistematika laporan akhir penelitian harus sesuai dengan yang tercantum di Buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2022.
  - d. Dibawah bagian sampul ditulis:

Dibiayai oleh:  
Dana Badan Layanan Umum (BLU) Universitas Negeri Medan  
sesuai dengan Surat Keputusan Ketua LPPM UNIMED  
Nomor: 720/UN33.8/KEP/PPKM/T.II/2022

## **Pasal 8** **Monitoring dan Evaluasi**

**Pihak Pertama** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi pada tanggal **17-21 Oktober 2022** terhadap kemajuan pelaksanaan penelitian tahun anggaran 2022.

## **Pasal 9** **Perubahan**

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Medan.

## **Pasal 10** **Penggantian Ketua Pelaksana**

- (1) Apabila **Pihak Kedua**, selaku Ketua Pelaksana tidak dapat melaksanakan penelitian ini, maka **Pihak Kedua** wajib mengusulkan kepada **Pihak Pertama** pengganti Ketua Pelaksana yang berasal dari salah satu anggota tim **Pihak Kedua**.
- (2) Apabila **Pihak Kedua** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak memiliki pengganti Ketua Pelaksana sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka **Pihak Kedua** harus mengembalikan dana penelitian kepada **Pihak Pertama** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **Pihak Pertama**.

## **Pasal 11** **Sanksi**

- (1) Apabila sampai batas waktu pelaksanaan penelitian ini berakhir, namun **Pihak Kedua** belum menyelesaikan tugasnya atau terlambat mengunggah dan mengirim Laporan Kemajuan, maka dikenakan sanksi berupa penghentian pembayaran tahap II (30%) dan tidak dapat mengikuti pelaksanaan monitoring dan evaluasi;
- (2) Apabila **Pihak Kedua** terlambat mengunggah dan mengirim Laporan Akhir, maka dikenakan sanksi tidak dapat mengikuti seminar hasil dan mengajukan proposal penelitian pada tahun berikutnya;
- (3) Apabila **Pihak Kedua** tidak dapat mencapai target luaran wajib sampai batas waktu yang telah ditetapkan, maka akan dicatat sebagai hutang dan apabila tidak dapat dilunasi oleh **Pihak Kedua**, maka tidak dapat mengusulkan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **Pihak Pertama** ditahun berikutnya;

## **Pasal 12** **Kekayaan Intelektual**

- (1) Kekayaan intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan perundang-undangan di Pusat Inovasi Publikasi dan Sentra HKI LPPM Unimed.
- (2) Setiap publikasi, makalah, dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian wajib mencantumkan **PIHAK PERTAMA** sebagai pemberi dana.
- (3) Hasil penelitian adalah milik negara dan dihibahkan kepada **PIHAK KEDUA** melalui Berita Acara Serah Terima (BAST) untuk keberlanjutan pengembangan penelitian.

## **Pasal 13** **Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **Pihak Kedua**, maka Kontrak Penelitian ini dinyatakan batal dan **Pihak Kedua** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **Pihak Pertama** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **Pihak Pertama**.

**Pasal 14**  
**Pajak-Pajak**

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **Pihak Kedua** dan harus dibayarkan oleh **Pihak Kedua** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku

**Pasal 15**  
**Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara **Pihak Pertama** dan **Pihak Kedua** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

**Pasal 16**  
**Lain-lain**

- (1) **Pihak Kedua** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada pendanaan penelitian lainnya yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Kontrak ini dan dipandang perlu untuk diatur lebih lanjut, maka akan dilakukan perubahan-perubahan oleh kedua pihak;
- (3) Perubahan-perubahan yang akan diatur kemudian merupakan satu kesatuan dari Kontrak ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh kedua pihak dan dibuat dalam **rangkap 2 (dua)** serta bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.



**Prof. Dr. Baharuddin, ST, M.Pd.**  
**NIP. 196612311992031020**

**Pihak Kedua,**

**Mukti Hamjah Harahap, S.Si., M.Si.**  
**NIP. 197704252008011011**