

LAPORAN AKHIR
PROGRAM IPTEKS BAGI MASYARAKAT
(IbM)



**IbM PENGEMBANGAN TUNGKU HEMAT BAHAN BAKAR
DAN KOKOH UNTUK INDUSTRI GULA MERAH
DESA TEGALSARI KECAMATAN GADINGREJO,
KABUPATEN PRINGSEWU, PROPINSI LAMPUNG**

Oleh :

Ir. Herry Wardono, M.Sc. / NIDN : 0022086603 (Ketua)

Dr. M. Badaruddin, S.T., M.T. / NIDN : 0011127202 (Anggota)

Harmen, S.T., M.T. / NIDN : 0020066903 (Anggota)

**Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Lampung
November 2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : IbM PENGEMBANGAN TUNGKU HEMAT BAHAN BAKAR DAN KOKOH UNTUK INDUSTRI GULA MERAH DESA TEGALSARI KECAMATAN GADINGREJO, KABUPATEN PRINGSEWU, PROPINSI LAMPUNG

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Ir HERRY WARDONO M.Sc.
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung
NIDN : 0022086603
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Mesin
Nomor HP : 081369706820
Alamat surel (e-mail) : herryw22@gmail.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : MOHAMMAD BADARUDDIN P.hD.
NIDN : 0011127202
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Anggota (2)
Nama Lengkap : HARMEN S.T.,M.T.
NIDN : 0020066903
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung
Institusi Mitra (jika ada) :
Nama Institusi Mitra : Hendro Widiyanto
Alamat : Dusun 7 RT7/RW2 Desa Tegalsari, Kec. Gadingrejo, Pringsewu, Lampung

Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 49.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 49.000.000,00



Mengetahui,
Dekan FT Unila

(Prof. Suharno, Ph.D.)

NIP/NIK 196207171987031002

Bandar Lampung, 10 - 11 - 2015
Ketua,

(Ir HERRY WARDONO M.Sc.)

NIP/NIK 196608221995121001

Menyetujui,
Ketua LPPM Unila



(Dr. Eng. Admi Syarif)

NIP/NIK 196701031992031003

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Analisis Situasi	1
1.2. Permasalahan Mitra	3
II. TARGET DAN LUARAN	5
III. METODE PELAKSANAAN	5
IV. KELAYAKAN PERGURUAN TINGGI	6
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	7
5.1 Dokumentasi Tungku Dengan 3 Ruang Bakar	9
5.2 Pengujian Kinerja Tungku Baru 3 Ruang Bakar	12
5.3 Dokumentasi Tungku Dengan 2 Ruang Bakar	13
5.4 Pengujian Kinerja Tungku Baru	14
VI. SIMPULAN	15
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN-LAMPIRAN	17
Lampiran 1 Proses Pembuatan Tungku Bata Tahan Api SK-34	17
Lampiran 2 Biodata Tim Pelaksana	34
Lampiran 3 Peta Lokasi Wilayah Kedua Mitra	35

I. PENDAHULUAN

1.1 ANALISIS SITUASI

Desa Tegalsari kecamatan Gadingrejo Kabupaten Pringsewu Propinsi Lampung adalah sebuah desa yang terletak 50 m di atas permukaan laut dan berjarak \pm 31 km dari Universitas Lampung. Untuk menempuh Desa Tegalsari ini dapat dilakukan dengan kendaraan bermotor melalui jalan raya Gadingrejo – Terminal Gadingrejo (berjarak \pm 28 km dari Universitas Lampung), kemudian menelusuri jalan desa yang berlubang dalam dan tidak mulus (berjarak \pm 3 km dari Pasar Gadingrejo). Desa Tegalsari ini memiliki luas daerah sebesar 1225 Ha, dengan jumlah penduduk sebanyak 4.437 jiwa dan 1252 kepala keluarga (Profil Desa Tegalsari, 2014).

Luas tanaman kelapa desa ini di atas 50 Ha. Jika dimisalkan jumlah rata-rata tanaman kelapa per hektarnya adalah 100 batang/hektar, maka di desa ini diperkirakan terdapat lebih dari 5.000 batang pohon kelapa. Pohon kelapa adalah jenis tanaman yang seluruh bagiannya mulai dari akar sampai ke pucuk daunnya dapat dimanfaatkan. Sehingga hampir setiap keluarga yang masih memiliki kebun/ ladang dan/ atau perkarangan rumah yang luas menanam pohon kelapa ini. Pohon kelapa juga merupakan tanaman khas daerah tropis. Salah satu pemanfaatan dari tanaman kelapa ini adalah pemanfaatan nira kelapa yang berasal dari tandan buahnya menjadi gula merah.

Di dalam dan sekitar desa Tegalsari saat ini terdapat lebih dari **25 industri rumah tangga yang memproduksi Gula Merah**, dengan skala produksi yang bervariasi. Dari hasil survei yang telah dilakukan Tim Pengusul diperoleh data bahwa usaha pembuatan gula merah ini merupakan sumber penghasilan utama, disamping beternak dan persawahan. Rata-rata para pembuat gula merah memperoleh bahan baku (nira) dari **pohon kelapa hibrida milik orang lain yang mereka sewa pertahun**. Pengambilan (pemanenan) nira kelapa untuk dijadikan gula merah memberikan keuntungan yang lebih besar dari pada memanen kelapa dalam bentuk buah (menjual buah kelapa). Hal ini merupakan salah satu alasan bagi masyarakat pembuat gula merah untuk memilih memanen nira untuk dijadikan gula merah dari pada memanen dalam bentuk buah kelapa. Nira kelapa yang disadap seorang pembuat gula merah berkisar 120-150 liter per hari. Proses pemasakan nira menjadi gula merah sebanyak 120-150 liter tersebut membutuhkan waktu sekitar 5 hingga 6 jam, dengan gula merah yang diproduksi sebanyak 20 hingga 25 kg. Dalam proses produksinya, digunakan kayu sebagai bahan bakar untuk memanaskan Nira yang merupakan bahan pokok pembuatan Gula Merah. Harga kayu bakar saat ini mencapai Rp 80.000,-/ m³, harga yang cukup mahal

bagi pembuat gula merah. Rata-rata penghasilan yang diperoleh dari penjualan gula tersebut adalah Rp 90.000 s.d Rp 110.000 per hari. Penghasilan ini merupakan penghasilan kotor. Pengeluaran yang cukup besar ada pada kayu bakar yang digunakan, yaitu mencapai sepertiganya (Rp 25.000 - Rp 35.000), sehingga penghasilan bersih pembuat gula merah hanya dua pertiganya yaitu Rp 65.000 - Rp 85.000 per hari, penghasilan yang sangat kecil, karena Pekerjaan ini dikerjakan oleh dua orang (suami-isteri pembuat gula merah tersebut).

Disamping permasalahan mahalnnya harga bahan bakar (kayu bakar), ketersediaan kayu bakar ini **tidaklah selalu mencukupi**, sehingga menimbulkan suatu permasalahan saat terjadi kelangkaan. Saat terjadi kelangkaan, industri rumah tangga ini **menggunakan sampah-sampah pertanian/ perladangan untuk bahan bakar**, seperti dedaunan dan ranting kering dan basah (daun bambu dan pepohonan), kulit coklat, kulit singkong, dan sekam padi dalam bentuk aslinya. Masalah lain yang tidak kalah pentingnya, yang kurang menjadi perhatian masyarakat adalah polusi udara dan kebersihan lingkungan di sekitar area kerja. Area kerja masih berlantaikan tanah, asap hasil pembakaran kayu bakar dibuang secara alami ke udara (tanpa diberikan perlakuan terhadap reduksi emisi yang membahayakan kesehatan dan tingkat kecerdasan), dan area abu sisa pembakaran yang masih alami, sehingga menyulitkan untuk proses pembersihan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Hal ini semua terjadi karena dangkalnya keilmuan masyarakat pembuat gula merah akan pembuatan tungku pemasakan yang baik, yang memberikan proses pembakaran yang optimal. Proses Pembakaran yang optimal adalah proses pembakaran yang mampu menghasilkan panas sebesar mungkin dan konsumsi bahan bakarnya sekecil mungkin, serta konsentrasi polutan yang berbahaya bagi kesehatan dan tingkat kecerdasan yang dihasilkan (dibuang ke udara atmosfer) paling kecil.

Faktor lain yang juga merupakan kendala di masyarakat adalah masih rendahnya harga gula merah di pasaran, sekalipun produk gula merah yang dihasilkan dapat langsung terjual secara cepat. Penjualan yang dilakukan masyarakat pembuat gula merah masih monoton, dijual kepada para Pengepul (Juragan gula merah di Desa Tegalsari). Hal ini karena belum adanya Kelompok Usaha Bersama atau Koperasi industri kecil Gula Merah, sehingga harga pasar gula merah tidak bisa meningkat, dan kualitas produksi gula merah yang dihasilkan masih perlu peningkatan agar bisa memenuhi standar pasar modern, demikian pula pengemasan produknya.

Oleh karena itu, pengenalan teknologi pembuatan tungku pemasakan yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan dirasa sangat perlu diberikan kepada Masyarakat Pembuat

Gula Merah penduduk Desa Tegalsari Kecamatan Gadingrejo Kabupaten Pringsewu Propinsi Lampung. Disamping itu, peningkatan kualitas produk dan kemasan produk, serta sistem pemasaran juga sangat perlu dilakukan. Hal ini semua ditujukan untuk meningkatkan penghasilan masyarakat Pembuat Gula Merah tersebut.

1.2 PERMASALAHAN MITRA

Data berikut ini diperoleh saat Tim Pengusul melakukan survei dan berdiskusi bersama para pembuat gula merah Desa Tegal Sari ini. Tungku masyarakat hanya terdiri dari dua ruang bakar. Padahal pada keluaran (knalpot), gas asap masih sangat panas, bertemperatur masih di atas 400 °C. Jadi, panas gas asap ini sebenarnya masih dapat dimanfaatkan untuk memanaskan nira kelapa (bahan baku pembuat gula merah). Kayu bakar hanya diletakkan pada ruang bakar utama (ruang bakar pertama), sedangkan di ruang bakar sekunder dan/atau tersier tidak diberikan kayu bakar. Ruang bakar utama tentunya yang menerima panas pembakaran paling banyak. Api pembakaran setelah terbentuk sebagian kecil mengalir ke ruang bakar sekunder dan ruang bakar tersier melalui celah lubang yang telah dibuatkan, selanjutnya panas (api) sisa pembakaran dibuang ke udara luar melalui knalpot (cerobong) yang ada. Tungku masak gula merah masyarakat terlihat sangat sederhana dan memprihatinkan, sudah sangat tua, dan retak-retak. Desain tungku turun temurun, yang **kurang (bahkan tidak) memperhatikan:** kualitas proses pembakaran, hemat konsumsi bahan bakar, polusi yang ditimbulkan, dan lingkungan kerja yang bersih (kesehatan pekerja). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Kelangkaan dan Mahalnya Harga Bahan Bakar, Sehingga Masyarakat Menggunakan Ranting Kering-Basah, Serabut Kelapa, Dll., Tungku dengan **hanya dua ruang bakar**. Lingkungan Kerja Yang Tidak Nyaman dan Tidak Sehat



Gambar 2. Kondisi Tungku Masak Gula Merah Masyarakat Yang Sangat Memperhatikan, dan **Sudah Retak-Retak**, Dengan **Tanpa Knalpot** yang Layak. Survey Di Dua Lokasi.

Dari Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa tungku yang digunakan Pembuat Gula Merah sangat sederhana, bahkan sudah tua dan retak-retak. Bahan bakar yang digunakan seadanya, bisa menggunakan ranting kering-basah, bambu, kulit-kulit singkong dan coklat, dan lain-lain. Ruang abu sisa pembakaran yang tidak memperhatikan celah suplai udara pembakaran masuk. Begitu pula halnya cerobong asap (knalpot) yang dibuat, tidak memperhatikan panas yang dihasilkan, hemat konsumsi bahan bakar, dan tidak memperhatikan ramah lingkungan. Sebenarnya, suplai udara yang lebih besar dari normalnya, besarnya laju gas asap yang dibuang keluar knalpot ke lingkungan juga merupakan faktor penentu panas yang dihasilkan, hemat konsumsi bahan bakar, dan besar-kecilnya konsentrasi emisi gas buang berbahaya yang dilepas ke udara atmosfer. Selain itu, Proses pembakaran yang terjadi di tungku sangat mempengaruhi kualitas Gula Merah yang dihasilkan.

Dari uraian di atas terlihat bahwa ada lima permasalahan pokok yang dialami oleh industri pembuat gula merah desa Tegalsari, yaitu :

1. Tungku yang digunakan untuk pemasakan gula merah masih sangat sederhana, sehingga konsumsi bahan bakarnya boros dan polusi udara yang tidak baik bagi kesehatan, juga mudah dan cepat retak-retak.
2. Kemasan gula merah belum higienis dan menarik dan rentan merusak produk
3. Harga gula merah masih murah
4. Belum adanya Kelompok Usaha Bersama (KUB) atau Koperasi bagi Para Pembuat gula merah
5. Lingkungan kerja yang kurang sehat.

II. TARGET DAN LUARAN

Dari pengabdian IbM ini Target dan Luaran yang akan dihasilkan adalah

1. Tungku hemat bahan bakar dan kokoh, serta ramah lingkungan
2. Pengemasan produk yang higienis dan menarik
3. Peningkatan pendapatan Pembuat Gula Merah.

III. METODE PELAKSANAAN

Berdasarkan permasalahan Mitra sebagaimana telah dijelaskan terdahulu, maka beberapa solusi akan ditawarkan dalam kegiatan IbM Pembuat Gula Merah, yaitu :

1. Memberikan penyuluhan tentang proses pembakaran kepada para Pembuat gula merah terkait hemat konsumsi bahan bakar, panas yang dihasilkan, dan polusi berbahaya yang dihasilkan.
2. Membuatkan tungku pemasakan yang hemat konsumsi bahan bakar dan kokoh, serta ramah lingkungan, yaitu dengan menambahkan ruangan/saluran suplai udara pembakaran; membuat saluran pengarah abu pembakaran; membuat box adsorben (bahan penyaring/ penangkap) polusi yang dipasangkan pada knalpot; membuat box adsorben (bahan penyaring/ penangkap) udara pembakaran yang dipasangkan pada saluran suplai udara pembakaran.
3. Pembuatan cetakan gula merah agar produk yang dihasilkan seragam ukurannya dan mudah untuk dikemas.
4. Pembuatan meja cetakan gula merah agar produk yang dihasilkan lebih bersih dan higienis.
5. Pembuatan Kemasan gula merah yang higienis dan menarik, serta murah.
6. Penyuluhan tentang kewirausahaan
7. Penyuluhan tentang KUB atau Koperasi beserta keuntungannya.
8. Pembuatan meja cetakan gula merah agar produk yang dihasilkan lebih bersih dan higienis.

Adapun tungku hemat bahan bakar dan kokoh terbuat dari batu tahan api SK34. Perekatan antar batu tahan api memerlukan keahlian, karena tidak menggunakan semen dan pasir, melainkan menggunakan adonan perekat (Mortar- NaSiO_2). Akan tetapi, pembuatan adonan dan perekatan batu tahan api sangat mudah dilakukan, memerlukan sedikit penyuluhan, juga

kesabaran dan ketelitian. Tungku hemat bahan bakar dan kokoh yang ditawarkan dalam program pengabdian IbM ini memiliki 3 ruang bakar, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tungku Hemat bahan Bakar dan Kokoh Berbahan Dasar Batu Tahan Api SK34, Memiliki 3 Ruang Bakar dan Saluran Masuk Udara Pembakaran (Herry Wardono, 2013)

IV. KELAYAKAN PERGURUAN TINGGI

Perguruan Tinggi sebagai sumber ilmu pengetahuan dan teknologi sudah sepatutnya peduli terhadap beragam permasalahan yang ada di lapisan masyarakat, khususnya masyarakat di lingkungan (Propinsi) dimana Perguruan Tinggi tersebut berlokasi. Sebagai contoh, permasalahan yang dihadapi industri pembuat gula merah di Desa Tegal Sari diantaranya permasalahan tungku pemasakan gula merah dan kualitas produksi dan pemasaran produk. Untuk itu diperlukan tenaga ahli yang terampil yang mampu menyelesaikan permasalahan yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu tenaga ahli pada bidang energi dan rekayasanya untuk mengatasi borosnya konsumsi bahan bakar dan tingginya polusi, tenaga ahli terkait material alat pemasakan yang baik menghantar panas, kokoh, dan sulit terjadi korosi (karat) sehingga akan merusak kualitas gula merah yang

dihasilkan, serta tenaga ahli pada bidang kewirausahaan untuk mengatasi permasalahan harga jual produk yang rendah, juga sistem pemasaran.

Ketua Pengusul sudah terbiasa bergelut di bidang energi dan hemat konsumsi bahan bakar, serta gas sisa pembakaran yang lebih ramah lingkungan. Hal ini terlihat dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan dan hibah-hibah penelitian tingkat Nasional dan Daerah (SDPF JICA 2004, Dosen Muda 2004 dan 2005, Hibah Bersaing 2007, Hibah Kebijakan Strategis 2009 dan 2010, Hibah Desentralisasi 2012 dan 2013, dan DIPA PNBPU Unila) yang telah diraih Ketua Pengusul yaitu memanfaatkan sumber daya alam Lampung (Zeolit Alam Lampung dan Arang Sekam Padi) untuk menghemat konsumsi kendaraan bermotor bensin dan diesel, serta mampu mereduksi emisi gas buang yang dihasilkan seperti gas CO dan UHC yang sangat berbahaya bagi pernapasan dan tingkat kecerdasan manusia. Penelitian lain yang juga telah dilakukan peneliti adalah pembuatan saringan knalpot yang mampu mereduksi emisi gas buang. Selain penelitian di atas, Ketua Peneliti juga pernah meneliti tentang pembuatan tungku rumah tangga dari bahan tanah liat-abu sekam padi hemat bahan bakar dan mampu memasak dengan waktu yang lebih cepat. Disamping itu, Ketua Pengusul juga pernah melakukan Pengabdian Masyarakat untuk melatih para Tukang Ojek membuat saringan udara sepeda motor hemat konsumsi bahan bakar melalui dana hibah DIPA PNBPU Universitas Lampung 2008, 2009, 2012, dan 2013, dan Pembuatan Briket Daun Bambu sebagai bahan bakar alternatif melalui dana hibah Pengabdian DIPA PNBPU Universitas Lampung 2010. Pengabdian masyarakat terakhir yang telah Ketua Pengusul lakukan adalah pengabdian IbM 2013, yang sangat berhubungan dengan pengabdian yang diusulkan, yaitu pembuatan tungku gula merah yang hemat bahan bakar dan sangat kokoh, juga ramah lingkungan.

Anggota Pengusul I adalah pakar (Doktor) di bidang material teknik, korosi dan proteksi terhadap korosi, yang sangat membantu dalam pemilihan material peralatan tungku, material pencetak gula merah, dan pengemasan produk untuk dipasarkan. Pemilihan material (bahan) peralatan yang dimaksud adalah yang kuat/ kokoh, mampu menghantar panas baik (cepat), tidak mudah korosi (berkarat), dan harga yang terjangkau, serta kualitas gula merah yang dihasilkan mampu bersaing dan mempunyai nilai jual yang cukup tinggi. Bersama Ketua Pengusul, Anggota Pengusul I juga ikut melaksanakan Pengabdian IbM 2013, yang sangat berhubungan dengan pengabdian yang diusulkan, yaitu pembuatan tungku gula merah yang hemat bahan bakar dan sangat kokoh, juga ramah lingkungan.

Anggota Pengusul II juga sudah terbiasa bergelut di bidang pemanfaatan energi alternatif dan manajemen energi, serta kewirausahaan. Hal ini terlihat dari dari penelitian-

penelitian yang telah dilakukan termasuk hibah-hibah penelitian tingkat Nasional dan Daerah (SDPF JICA 2004, Hibah Dosen Muda 2006, Hibah Kebijakan Strategis 2009 dan DIPA PNBPN Unila, serta Hibah-hibah Pemda Propinsi Lampung) yang telah diraih Anggota Pengusul II yaitu proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi di Lampung, pemanfaatan sampah rumah tangga sebagai energi alternatif, dan manajemen energi. Disamping itu, Anggota Pengusul II juga pernah meraih hibah Pengabdian Nasional IbK 2010 (Kewirausahaan) yang tentunya sangat tepat untuk mengatasi permasalahan rendahnya harga gula merah, dan sistem pemasaran produk. Bersama Ketua Pengusul dan Anggota Pengusul I, Anggota Pengusul II juga ikut melaksanakan Pengabdian IbM 2013, yang sangat berhubungan dengan pengabdian yang diusulkan, yaitu pembuatan tungku gula merah yang hemat bahan bakar dan sangat kokoh, juga ramah lingkungan.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tim pelaksana IbM pembuat Gula Merah, pada awal kegiatan melakukan survei lokasi ke Desa Tegalsari Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Propinsi Lampung, dan bertemu dengan 2 mitra kegiatan IbM ini, yaitu Bapak Hendro Widiyanto dan Bapak Agus. Tim pelaksana IbM pembuat Gula Merah disambut baik oleh Mitra. Pada kunjungan berikutnya Tim pelaksana IbM pembuat Gula Merah bertemu dengan aparat Desa, yaitu Kepala Desa Tegalsari (Bapak Suharto) untuk meminta izin melaksanakan kegiatan IbM ini. Kepala Desa Menyambut baik gagasan kegiatan IbM ini, dan sangat berharap agar kegiatan semacam ini masih berlanjut di kemudian hari. Setelah itu, Tim pelaksana IbM pembuat Gula Merah juga bertemu lagi dengan salah satu Mitra untuk merencanakan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan nantinya. Pada kunjungan ke Mitra ini, Tim pelaksana IbM pembuat Gula Merah mengambil beberapa data terkait tungku masak gula merah, juga informasi terkait cetakan, kemasan, dan pemasaran. Harga gula merah yang tidak stabil dan cenderung menurun. Disisi lain yang cukup meresahkan pembuat gula merah adalah musim kemarau yang berkepanjangan, sehingga jumlah nira kelapa yang mampu dipanen (dideres/ diambil) sangat sedikit, bahkan di bawah setengah panen pada kondisi normal. Kalau pada kondisi normal, nira yang diperoleh bisa sebanyak 140 liter, namun pada saat ini, musim kemarau hanya memperoleh 70 liter nira kelapa, atau kurang dari itu. Perbincangan terkait kegiatan akan datang terus didiskusikan.

Pada kunjungan berikutnya, Tim pelaksana IbM pembuat Gula Merah mendiskusikan lagi terkait tungku masak gula merah masyarakat, dimana tungku awal cukup boros pemakaian bahan bakar, dan juga tidak kokoh, sehingga mudah retak (pecah), sekaligus

menayakan lokasi tempat pembuatan tungku gula merah dari bata tahan api SK34. Tahapan berikutnya, Tim pelaksana IbM pembuat Gula Merah merancang tungku masak yang baru, dengan modifikasi pada ruangan udara, ruang bakar, juga saluran gas buang (cerobong). Disamping itu juga menggantikan material dari ruang bakar utama, yaitu dari batu bata biasa menjadi batu bata tahan api. Akhirnya pada kunjungan berikutnya, Tim pelaksana IbM pembuat Gula Merah mengadakan kegiatan sosialisasi terkait tungku baru ini. Beberapa kegiatan dan kondisi tungku masak yang ada, dapat dilihat dari dokumentasi berikut.

5.1. DOKUMENTASI TUNGKU BATA TAHAN API DENGAN 3 RUANG BAKAR



Penggalian Tanah Untuk Pembuatan Ruang Bakar Utama, dan Menarik Garis Sumbu, serta Pemasangan Batu bata Tahn Api Awal. Mitra I Mas Hendro (Topi Biru) ikut Kerja.



Batu Tahan Api SK-34 Dilubangi Untuk Penyambungan Antar Batu Tahan Api Menggunakan Castable. Ruang Bakar Utama Hampir Rampung



Pembuatan Ruang Bakar Kedua dan Pemasangan Batu Bata Biasa Untuk Menutupi Batu Bata Tahan Api, sebagai Isolator Panas. Mitra I Mas Hendro (Baju Putih) ikut Kerja.



Ruang Bakar Ketiga Telah Rampung, Dilanjutkan Pembuatan Cerobong Asap, dan Pengemalan Tempat Dudukan Wajan



Tahap Awal Tungku Batu Tahan Api SK-34 Telah Selesai. Tim Pelaksana Memberikan Arahan Untuk Kegiatan Tahap Berikutnya Kepada Mitra I mas Hendro & Tukang



Pemasangan Plakat Pengabdian IbM, dan Pembakaran Awal Ruang Bakar Untuk Mengeringkan Perakat (Castable) sekaligus Mengokohkan Tungku



Pengujian Konsumsi Kayu Bakar dan Waktu Masak Gula merah dari Tungku Batu Tahan Api SK-34, juga Pengukuran Temperatur Pendidihan Gula Merah



Pemasakan Gula Merah Hampir Rampung, dilanjutkan Pencetakan Gula Merah. Mitra I Mas Hendro (Topi Biru) Bersama Orang Tua-Ibu Saat Pengujian Pembuatan Gula Merah



Setelah Pencetakan, lalu Sekitar 7 Menit Cetakan Dilepas, Kemudian dibiarkan hingga Keras Dengan Pendinginan Alami. Gula Merah Siap Jual

5.2. PENGUJIAN KINERJA TUNGKU BARU

Uji kinerja tungku baru (batu bata SK-34) dilakukan dengan memasak gula merah dengan jumlah nira kelapa yang sama, yaitu 145 liter. Kayu yang digunakan untuk memasak digunakan hanya kayu bakar kering, tidak dicampur dengan kayu basah, belarak, dan lain-lain. Jumlah kayu bakar yang digunakan ditimbang massanya, menggunakan timbangan gantung. Semua konsumsi kayu bakar dicatat, demikian pula waktu masak.

TUNGKU BARU Mas Hendro Widiyanto

Mitra I (Hendro)		Nira	145 liter
		Jam	Kayu Bakar, kg
1	Start	10.15	25
2	Mendidih Kualii Tobong 1	10.55	
3	Mendidih Kualai Tobong 2	11.15	
4	Mendidih Kualii Tobong 3	11.26	8
5	Ngerayap Kualii Tobong 1	12.37	
6	Kualii 1 Masak	15.00	
7	Kualii 3 dan Kualii 2 Disatukan	15.00	15
8	Kualii 3 dan Kualii 2 Ngerayap	15.30	
9	Gula Merah Masak	15.50	
		5 jam 35 menit	48

Pada uji kinerja tungku batu bata tahan api SK-34 tahun 2013 di desa Purworejo Kecamatan Negerikaton, Kabupaten Pesawaran, Propinsi Lampung (Tungku Mas Edi Susanto dan IbM 2013), untuk memasak 235 liter nira dibutuhkan kayu bakar sebanyak 91 kg dan waktu masak selama 7 jam 55 menit (475 menit). Dari hasil ini diperoleh laju konsumsi kayu bakar pemasakan gula merah sebesar $235 \text{ liter} / 91 \text{ kg} = 2,582 \text{ liter/kg}$, dan laju pemasakan sebesar $235 \text{ liter} / 475 \text{ menit} = 0,495 \text{ liter/menit}$. Sementara itu, Dari hasil uji kinerja tungku yang

dilakukan di Desa Tegalsari kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Propinsi Lampung (**Mitra I Mas Hendro Widiyanto**) diperoleh data untuk memasak 145 liter nira dibutuhkan kayu bakar sebanyak 48 kg dan waktu masak selama 5 jam 35 menit (335 menit). Dari hasil ini diperoleh laju konsumsi kayu bakar pemasakan gula merah sebesar 145 liter/ 48 kg = 3,021 liter/kg, dan laju pemasakan sebesar 145 liter/ 335 menit = 0,433 liter/menit.

Dari kedua hasil di atas, dapat dinyatakan bahwa tungku Mas Hendro mampu menghemat konsumsi kayu bakar lebih tinggi (3,021 liter/ kg dibanding 2,582 liter/kg), namun waktu pemasakannya sedikit lebih lama (0,433 liter/menit dibanding 0,495 liter/menit).

PEMBUATAN TUNGKU MASAK GULA MERAH DENGAN 2 RUANG BAKAR

Pada pengabdian IbM 2015 ini juga dilakukan pembuatan tungku bata tahan api dengan 2 ruang bakar. Pada dasarnya, pembuatan tungku bata tahan api dengan 2 ruang bakar ini sama dengan pembuatan tungku bata tahan api dengan 3 ruang bakar. Perbedaan hanya pada jumlah ruang bakarnya saja. Pada tungku dengan 2 ruang bakar ini, ukuran ruang bakarnya sama persis, perbedaannya hanya pada ukuran dudukan kualii pemasakan. Pada tungku dengan 3 ruang bakar, diameter dudukan kualii I = 55 cm, diameter dudukan kualii II = 50 cm, dan diameter dudukan kualii III = 45 cm. Sementara itu, pada tungku dengan 2 ruang bakar, dudukan kualinya diperbesar, sehingga menjadi 70 cm untuk diameter dudukan kualii I, dan dudukan kualii II berdiameter 55 cm.

5.3. DOKUMENTASI TUNGKU BATA TAHAN API DENGAN 2 RUANG BAKAR



Penggalian Tanah, Penyemenan Lantainya, Pemasangan Bata Tahan Api SK-34, Tungku Bata Tahan Api dan Mitra II Mas Agus. Tungku Baru saat Pemanasan dan Pemasakan Air



Tungku Bata Tahan Api SK-34 Dengan 2 Ruang Bakar Siap Untuk Digunakan.
Lantai Area Kerja juga Telah di-Floor.

Pembuatan tungku bata tahan api dengan 2 ruang bakar ini selalu dikerjakan dengan melibatkan **Mitra II Mas Agus Triono**, bahkan Orang Tua – Ayah beliau juga turut membantu pengerjaan tungku baru ini. Ayah beliau juga banyak memberikan saran untuk lebih sempurnanya tungku bata tahan api ini, sesuai dengan pengalaman Ayah beliau yang telah puluhan tahun menggeluti pembuatan gula merah dari nira kelapa ini.

5.4. PENGUJIAN KINERJA TUNGKU BARU

Uji kinerja tungku baru (batu bata SK-34) dengan 2 ruang bakar dilakukan dengan memasak gula merah dengan jumlah nira kelapa sebanyak 111 liter. Kayu yang digunakan untuk memasak digunakan juga kayu bakar kering, tidak dicampur dengan kayu basah, belarak, dan lain-lain. Jumlah kayu bakar yang digunakan ditimbang massanya, menggunakan timbangan gantung. Semua konsumsi kayu bakar dicatat, demikian pula waktu masak.

TUNGKU BARU Mas Agus

Mitra I (Agus)		Nira	111 liter
		Jam	Kayu Bakar, kg
1	Start	08.50	10
2	Mendidih Kualii Tobong 1	09.14	
3	Mendidih Kualii Tobong 2	09.35	
4	Ngerayap Kualii Tobong 1	10.57	10
5	Kualii 2 dan Kualii 1 Disatukan	11.40	
6	Kualii 3 dan Kualii 2 Ngerayap	12.10	
3 jam 20 menit (200 menit)			20

Pada uji kinerja tungku batu bata tahan api SK-34 dengan 2 ruang bakar ini untuk memasak 111 liter nira dibutuhkan kayu bakar sebanyak 20 kg dan waktu masak selama 3 jam 20 menit (200 menit). Dari hasil ini diperoleh laju konsumsi kayu bakar pemasakan gula merah sebesar $111 \text{ liter} / 20 \text{ kg} = 5,55 \text{ liter/kg}$, dan laju pemasakan sebesar $111 \text{ liter} / 200 \text{ menit} = 0,555 \text{ liter/menit}$. Sementara itu, Dari hasil uji kinerja tungku dengan 3 ruang bakar (Tungku Mas hendro) diperoleh data untuk memasak 145 liter nira dibutuhkan kayu bakar sebanyak 48 kg dan waktu masak selama 5 jam 35 menit (335 menit). Dari hasil ini diperoleh laju konsumsi kayu bakar pemasakan gula merah sebesar $145 \text{ liter} / 48 \text{ kg} = 3,021 \text{ liter/kg}$, dan laju pemasakan sebesar $145 \text{ liter} / 335 \text{ menit} = 0,433 \text{ liter/menit}$. Dari hasil ini, terlihat bahwa Tungku bata tahan api dengan 2 ruang bakar lebih hemat konsumsi kayu bakar, juga waktu masak yang lebih singkat dibanding dengan tungku dengan 3 ruang bakar. Hal ini dapat terjadi karena jumlah nira yang dimasak pada tungku dengan 2 ruang bakar sesuai dengan jumlah atau volume masaknya. Akan tetapi, untuk volume nira yang lebih tinggi lagi, misalnya 250 liter, maka tungku dengan 3 ruang bakar akan lebih baik prestasi atau lebih tinggi efisiensinya.

Kegiatan dan penjelasan rinci proses pembuatan tungku bata tahan api SK-34 dapat dilihat pada Lampiran. Pada Lampiran dijelaskan proses rinci pembuatan tungku bata tahan api SK-34 dari awal mula penggalian lubang lokasi tungku, penarikan benang untuk simetri antar ruang bakar, proses penyambungan antar bata seperti pengeboran, pemasangan besi, pemasukan adonan perekat. Pembuatan perekat detail, dari komposisi pencampuran castable dan lempung sebesar 30:70 juga dijelaskan pada Lampiran, termasuk juga data temperatur sebaran pada tiap ruang bakar tungku masak gula merah.

VI. SIMPULAN

Tungku Mas Hendro mampu menghemat konsumsi kayu bakar lebih tinggi dibanding tungku Mas Edi Susanto ($3,021 \text{ liter/kg}$ dibanding $2,582 \text{ liter/kg}$), namun waktu pemasakannya sedikit lebih lama ($0,433 \text{ liter/menit}$ dibanding $0,495 \text{ liter/menit}$). Kekokohan tungku Mas Hendro lebih handal dibanding tungku Mas Edi Susanto, karena metode penyambungan yang digunakan pada tungku Mas Hendro menggunakan metode penyambungan tanam, dengan disisipkan besi coran di tengah bata tahan apinya. Tungku Mas Agus (dengan 2 ruang bakar) mampu memasak lebih cepat ($0,555 \text{ liter/menit}$) dan konsumsi kayu bakarnya lebih hemat ($5,55 \text{ liter/kg}$).

DAFTAR PUSTAKA

1. **Herry Wardono dan Simparmin br Ginting**, 2004, “*The Use of Sidomulyo-Lampung Natural Zeolite in Enhancing Brake Power and Brake Specific Fuel Consumption of a Two-Stroke Petrol Engine*”, SDPF Final Report, Fiscal Year of 2003/ 2004, Bandarlampung.
2. **Herry Wardono**, 2005, *Pengaruh Pemakaian Zeolit Alam Lampung Pada Motor Bensin 4-Langkah Terhadap Kinerja Mesin*, Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI) 2005 di Universitas Tarumanagara Jakarta, Untar.
3. **Herry Wardono dan Simparmin br Ginting**, 2006, “*Pemanfaatan Zeolit Alam Sidomulyo Lampung Teraktifkan Untuk meningkatkan Performan Motor Bensin 4-Langkah*”, Laporan Penelitian Dosen Muda. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui PDM T.A. 2005.
4. **Herry Wardono dan Simparmin br Ginting**, 2007. “*Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Sebagai Adsorben Udara Ramah Lingkungan Untuk Meningkatkan Prestasi Kendaraan Bermotor Bensin 4-Langkah*”. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Dirjen DIKTI T.A. 2007).
5. **Herry Wardono, Simparmin br Ginting, dan Harnowo Supriadi**, 2009, Pengembangan Filter Udara Alternatif Hemat Bahan Bakar Dari Zeolit Asal Lampung Untuk Aplikasi Mesin Skala Besar Dan Industri (dibiayai oleh DIPA Unila-Dirjen DIKTI melalui **Penelitian Hibah Strategis Tahun Ke-1 T.A. 2009**).
6. **Herry Wardono, Simparmin br Ginting, dan Harnowo Supriadi**, 2010, Pengembangan Filter Udara Alternatif Hemat Bahan Bakar Dari Zeolit Asal Lampung Untuk Aplikasi Mesin Skala Besar Dan Industri (dibiayai oleh DIPA Unila-Dirjen DIKTI melalui **Penelitian Hibah Strategis Tahun Ke-2 T.A. 2010**).
7. **Herry Wardono, Simparmin br Ginting, dan Harnowo Supriadi**, 2011, Optimalisasi Daya Adsorb Zeolit Lampung Dalam Mereduksi Emisi Gas Buang Motor Bakar Untuk Aplikasi Mesin Skala Besar Dan Industri (dibiayai oleh DIPA Unila-Dirjen DIKTI melalui **Penelitian Hibah Desentralisasi AUPT Tahun Ke-1 T.A. 2011**).
8. **Herry Wardono, Harmen, dan M. Badaruddin**, 2013, *IbM Pembuat Gula Merah Desa Purworejo, Kecamatan Negerikaton, Kab. Pesawaran, Propinsi Lampung* (dibiayai oleh Dirjen DIKTI – melalui Hibah IbM T.A. 2013).
9. _____, 2014, *Profil Desa Tegalsari, Tegalsari, Gadingrejo, Pringsewu*.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN PROSES PEMBUATAN TUNGKU BATA TAHAN API SK-34

Tungku Gula Merah Bata Tahan Api Tiga Ruang Bakar

Tungku Bata tahan api SK-34 yang dihasilkan seperti terlihat pada Gambar A1.



Gambar A1. Hasil Tungku gula merah tiga ruang bakar

Data Spesifikasi Tungku Gula Merah 3 Ruang Bakar

Material Tungku	: Bata tahan api tip SK-34, <i>Mortar</i> , <i>Castable</i> , <i>Sodium silikat</i>
Panjang Tungku	: 3 meter
Jumlah ruang bakar	: 3 ruang bakar
Diameter Lubang	: 55 cm, 50 cm, 45 cm
Ketahanan suhu	: 1350 °C
Bentuk ruang bakar	: Tabung
Sistem pembakaran	: Sarangan
Kapasitas masak	: 250 liter Nira
Bahan bakar	: Kayu, sekam, dll.

Pembuatan Tungku bata tahan api tiga ruang bakar

Dari hasil pembuatan tungku bata tahan api tiga ruang bakar untuk pembuatan gula merah di desa Tegalsari, Gadingrejo, Pringsewu, Lampung ini didapatkan langkah-langkah dan pembahasan sebagai berikut :

1. Pembuatan Lubang untuk Ruang Bakar

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan lubang untuk ruang bakar ini yaitu :

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Menarik benang nilon dari rangka tungku bagian depan yaitu lubang masuk bahan bakar hingga bagian belakang ruang pembuangan asap dengan berpedoman pada titik tengah diameter tungku agar lubang masuk hingga keluar udara center (lihat gambar A2).



Gambar A2. Benang nilon sebagai patokan

3. Menggali lubang dengan diameter 60 cm dan kedalaman yang telah ditentukan untuk membuat ruang penampung abu.
4. Menggali lubang dengan panjang, lebar dan kedalaman yang telah ditentukan untuk membuat bagian depan tungku.

Penggalian lubang dilakukan dengan menggunakan cangkul. Kedalaman lubang 45 cm dengan diameter 60 cm dan mencangkul bagian depan tungku yang digunakan untuk mengambil abu bahan bakar dan digunakan untuk dudukan besi plat penampung sekam dengan ukuran plat panjang 60 cm dan 40 cm. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar A3. Penggalian lubang

2. Pengeboran Bata Tahan Api

Sebelum penyusunan bata tahan api terlebih dahulu bata tahan api dilubangi dengan kedalaman 5 cm menggunakan mesin bor satu persatu. Bata tahan api ini dibor dengan dua lubang bertujuan untuk menanam besi atau bisa disebut dengan sistem tanam. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar A4. Pengeboran bata api (kiri), mengukur kedalaman (kanan)

3. Pembuatan sarangan Tungku

Sarangan dibuat dengan menggunakan bata tahan api dengan kemiringan 45° dan diberi besi cincin dengan sistem tanam didalam batu tahan api dan memasang perekat pada bagian bata tahan api yang akan direkatkan yaitu bagian bawah bata tahan api dan sudut samping bata tahan api.

Adapun langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memasang batu bata secara bertumpuk dengan jarak yang telah ditentukan dengan bentuk trapesium bertujuan untuk penompang sarangan. Seperti pada gambar berikut :



Gambar A5. Penompang sarangan

2. Meratakan dasar tungku dengan adukan semen dan pasir bertujuan agar pada saat penyusunan dan pemasangan bata tahan api SK-34 rapih dan pada saat musim hujan tidak terkena rembesan air hujan dan ruang bakar tetap kering. Lihat pada gambar berikut :



Gambar A6. Meratakan dasar tungku

3. Menyusun dan memasang batu tahan api dengan menggunakan sistem besi tanam dan memberi perekat pada bagian bata tahan api yang akan direkatkan yaitu bagian bawah bata tahan api dan sudut samping bata tahan api. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar A7.



Gambar A7. Pembuatan sarangan

Hal ini bertujuan untuk :

- a. Agar sarangan lebih kuat dan kokoh serta tahan lama dibandingkan dengan sarangan yang biasa petani gunakan yaitu potongan drum yang harus diganti setiap tahunnya.
- b. Agar bahan bakar yang masuk dapat jatuh tepat berada di titik tengah kuali.
- c. Agar nyala api langsung mengarah ke lubang tungku yang kedua dan mengenai ujung kuali pada tungku pertama saat proses pembakaran.
- d. Agar terjadi *turbulensi* ketika nira mendidih diujung kuali yang membantu proses pemasakan menjadi lebih cepat.

4. Pembuatan perekat bata tahan api

Karena perekat dapat mengeras apabila tidak langsung habis dipakai maka pembuatan perekat di sesuaikan dengan jumlah bata tahan api yang akan direkatkan dengan komposisi yang secukupnya. Perekat dibuat dari *sodium silikat* dan *mortar* yang dicampurkan. Komposisi yang digunakan dalam pembuatan perekat bata tahan api 400 gram *mortar* : 750 ml *sodium silikat*. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan perekat ini yaitu :

1. Menyiapkan alat dan bahan (*mortar dan sodium silikat*).
2. Menuangkan *sodium silikat* ke ember/tempat pembuatan perekat.
3. Menuangkan *mortar* diatas *sodium silikat*.
4. Mengaduk *mortar dan sodium silikat* secara perlahan sampai bercampur.
5. Setelah bercampur dan berbentuk seperti adonan kue, perekat siap untuk dipakai. Berikut adalah gambar dari pembuatan perekat:



Gambar A8. Pembuatan perekat

5.Pemasangan Bata Tahan Api Tipe SK-34

Pemasangan bata tahan api ini dimulai dari bagian lubang pertama tungku. Bata tahan api dipasang melingkar sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan yaitu untuk tobong atau ruang bakar pertama bata tahan api diameternya adalah 55 cm kemudian tobong ke 2 dengan diameter 50 cm dan tobong ke 3 dengan diameter 45 cm bata tahan api dalam posisi berdiri. Penyusunan bata tahan api ini menggunakan sistem tanam besi bertujuan agar pada saat pengeleman atau pemberian perekat tidak bergeser dan tetap dalam keadaan yang kita inginkan. Selanjutnya pemasangan bata tahan api tobong pertama selesai dilanjutkan pada tobong ke 2 sampai ke 3. Kemudian dilanjutkan dengan pemberian adukan *castable* dan tanah lempung di rongga-rongga antara susunan bata tahan api satu dengan yang lainnya. Dengan perbandingan 30% *castable* berbanding 70% tanah lempung. Hal ini bertujuan agar susunan bata tahan api tersebut merekat dan menahan suhu panas yang keluar dari ruang bakar. Proses pemasangan bata tahan api dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar A9. Proses Pemasangan bata tahan api pada tobong pertama



Gambar A10. Proses pemasangan bata tahan api pada tobong dua



Gambar A11. Proses pemasangan bata tahan api pada tobong tiga

Cara pemasangan bata tahan api ini yaitu :

1. Membersihkan bagian dari bata tahan api yang akan diberi perekat dan direkatkan. Hal ini bertujuan agar tidak ada material lain seperti tanah yang ikut bercampur ketika direkatkan karena hal ini dapat membuat perekat tidak dapat merekat pada bata tahan api.

2. Memasang besi cincin dengan panjang 10 cm pada lubang bata tahan bertujuan agar ketika proses pengeleman bata api tidak berubah atau bergeser dan tetap kokoh. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar A12. Pemasangan besi cincin

3. Memasang perekat pada bagian bata tahan api yang akan direkatkan yaitu bagian bawah bata tahan api dan sudut samping bata tahan api.
4. Setelah perekat dipasang selanjutnya adalah memasang bata tahan api mengikuti bentuk *casing* yang telah dibuat dengan cara menekan bagian bata tahan api yang akan direkatkan sampai bata saling menempel antara satu dengan yang lainnya.
5. Selanjutnya memberi adukan *castable* dan tanah lempung di rongga-rongga antara susunan bata tahan api satu dengan yang lainnya. Dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar A13. Pemberian adukan *castable* dan tanah lempung

6. Pembuatan rangka (*casing*)

Pembuatan rangka ini dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan. Proses pembuatannya yaitu dengan memasang bata merah dengan tanah lempung yang disusun melingkar mengikuti bentuk dari tungku yang akan dibuat dengan diameter dan tinggi yang telah ditentukan. Dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar A14. Pemasangan *casing*

Pembuatan rangka atau *casing* dengan menggunakan bata merah dan tanah luluhan lempung ini bertujuan :

1. Untuk menahan bata tahan api agar tidak bergeser ketika dilakukan perekatan.
2. Untuk menahan sisa kalor yang masih dapat keluar dari bata tahan api.
3. Sebagai pelindung dari panas bata tahan api yang berbahaya jika tungku tersentuh.
4. Agar tungku tetap kokoh.

7. Pembuatan Lubang Masuk Bahan Bakar

Pembuatan lubang masuk bahan bakar ini dengan menggunakan besi siku (L) sepanjang 45 cm dengan tebal 3 mm untuk menopang bata tahan api bagian atas pada lubang tungku pertama agar lebih kokoh dan kuat terhadap benturan dari bahan bakar seperti kayu ketika dimasukkan kedalam tungku. Lubang masuk bahan bakar dengan ukuran panjang 26 cm dan lebar 20 cm. Pemotongan besi siku dapat dilihat pada gambar A15.



Gambar A15. Pemotongan besi siku

Lubang masuk bahan bakar ini berfungsi untuk memasukkan bahan bakar yang akan digunakan untuk memasak seperti kayu maupun sekam padi. Berikut adalah gambar dari lubang bahan bakar :



Gambar A16. Lubang dari bahan bakar

8. Pemasangan Cerobong Asap

Pada pemasangan cerobong asap ini dibuat dengan menggunakan pipa besi yang berdiameter 12 cm dan panjang 120 cm yang telah dilubangi bagian bawahnya dengan menggunakan gerinda yang berfungsi untuk meneruskan aliran udara dan asap keluar dari tungku. Sebelum cerobong dipasang terlebih dahulu dibuat penyangga dengan menggunakan bata merah yang berfungsi untuk menyangga bagian bawah dari pipa agar pipa tidak roboh dan kuat berdiri.



Gambar A17. Pemasangan cerobong asap

9. Pembuatan Dudukan Kualii atau Mulut Tungku

Pembuatan mulut tungku atau dudukan kualii dilakukan dengan menggunakan bahan berupa *castable* dan tanah lempung dicampur air dan diaduk sampai rata dengan menggunakan mesin pengaduk. Dalam pembuatan mulut tungku ini menggunakan perbandingan 70% : 30%. *Castable* 70% dan tanah lempung 30% dan air menyesuaikan sampai adukan benar-benar seperti adonan. Langkah langkah yang dilakukan adalah penimbangan *castable* dengan berat 4 kg dan tanah lempung dengan berat 1,7 kg (lihat gambar A18).



Gambar A18. Penimbangan *castable* (kiri), tanah lempung (kanan)

Selanjutnya, campurkan *castable* dengan tanah lempung menjadi satu di ember dan aduk sampai benar-benar rata. Proses ini dapat dilihat pada gambar A19.



Gambar A19. Proses pengadukan campuran *castable* dan tanah lempung
Selanjutnya ketika adonan sudah siap pengecoran dilakukan dengan mal
menggunakan kuali. Dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar A20. Pembuatan mulut tungku

Tujuan mulut tungku dibuat dengan menggunakan campuran bahan material *castable* dan tanah lempung antara lain :

1. Agar mulut tungku keras, kuat dan kokoh pada saat pemasakan dilakukan
2. Bentuk yang dihasilkan bulat
3. mengurangi terjadinya retak pada mulut tungku

10. Penyemenan dan Penghalusan Tungku

Proses penyemenan dilakukan setelah semua bagian dari tungku sudah terpasang atau selesai semua. Penyemenan ini dengan menggunakan bahan semen dan pasir. Dengan perbandingan 1 ember semen berbanding 4 ember pasir dan air secukupnya diaduk sampai benar benar menyatu. Penyemenan ini bertujuan untuk melapisi

bagian luar dari tungku agar lebih kuat, sekaligus menahan sisa panas yang masih dapat keluar dari tungku. Setelah penyemenan selesai kemudian dilanjutkan dengan penghalusan (pengacian) bertujuan agar tungku tersebut terlihat rata dan halus. Dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar A21. Proses pengacian (kiri), hasil pengacian (kanan)

11. Pengecatan Tungku

Proses pengecatan dilakukan setelah bagian luar tungku sudah mengalami proses pengacian. Pengecatan ini dapat disebut *finishing*. Hal ini bertujuan agar tungku terlihat lebih rapih. Berikut adalah gambar dari proses pengecatan :



Gambar A22. Proses pengecatan (kiri) dan hasil pengecatan (kanan)

11. Pengujian Tungku

Pengujian tungku dilakukan di desa Tegalsari, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Prosedur dalam pengujian yang dilakukan yaitu :

1. Menyiapkan alat dan bahan seperti pena, buku, stopwatch, timbangan, termokopel, korek api dan kayu bakar.
2. Mencatat jumlah bahan bakar (kg) yang telah ditimbang dan digunakan untuk memasak sampai proses pemasakan selesai.
3. Mencatat waktu dari proses awal pemasakan nira sampai jadi gula merah.
4. Mencatat hasil suhu yang dihasilkan pada setiap tobong

Berikut ini adalah proses pengujian yang dilakukan dari mulai sampai dengan nira masak menjadi gula merah :

1. Menyiapkan nira yang akan di masak



Gambar A23. Nira yang masih didalam drigen

2. Meliterkan nira dan nira siap dimasak



Gambar A24. Meliterkan nira

3. Menimbang bahan bakar



Gambar A25. Penimbangan bahan bakar

4. Memasukkan bahan bakar dan dibakar



Gambar A26. Memasukkan bahan bakar yang telah ditimbang dan dibakar

5. Nira Mendidih



Gambar A27. Nira mendidih

6. Ngrayap



Gambar A28. Ngrayap

7. Masak (Nitis)



Gambar A29. Nira sudah masak

Adapun hasil pengujian yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel yang disajikan di Bab Hasil dan Pembahasan.

Data hasil pengujian panas yang dihasilkan tungku di kediaman Mas Hendro pada setiap tobong adalah sebagai berikut :

Tabel A1. Suhu yang dihasilkan pada saat pemasakan

Lubang	Suhu Pada Ruang Bakar	Suhu Pada Nira	Cerobong asap
1	615 °C	101,5 °C	305 °C
2	425 °C	100,6 °C	-
3	412 °C	100,5 °C	-

Tabel A2. Suhu yang dihasilkan pada kondisi bara

Lubang	Suhu Pada Ruang Bakar	Suhu Pada Nira	Cerobong asap
1	410 °C	105,5 °C	205 °C
2	301 °C	100,8 °C	-
3	273 °C	99,2 °C	-

11. Kelebihan dan kekurangan Tungku

1. Tungku 2 tobong

Adapun kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh tungku 2 tobong (2 ruang bakar), dapat dilihat pada tabel A3.

Tabel A3. Kelebihan dan Kekurangan Tungku 2 tobong

Kelebihan	Kekurangan
Waktu pembuatan tungku lebih cepat	Kapasitas nira yang dimasak sedikit
Waktu pemasakan cepat	Diameter besar dapat mempercepat terjadinya bolong pada kualii

2. Tungku 3 tobong

Adapun kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh tungku 3 tobong (3 ruang bakar), dapat dilihat pada tabel A4.

Tabel A4. Kelebihan dan Kekurangan Tungku 3 tobong

Kelebihan	Kekurangan
Kapasitas pemasakan gula banyak	Waktu pembuatan tungku lama
Panas yang dihasilkan tinggi	Membutuhkan panas awal dalam proses pemasakan gula
Kokoh dan kuat	Material mahal
Hemat bahan bakar	

BIODATA TIM PELAKSANA

1. KETUA TIM PELAKSANA

- a. Nama : Ir. Herry Wardono, M.Sc.
- b. NIP/ NIDN : 19660822 199512 1 001/ 0022086603
- c. Pangkat/ Golongan : Pembina/ IV-A
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e. Tempat/ Tgl. Lahir : Banda Aceh, 22 Agustus 1966
- f. Jenis Kelamin : Laki-laki
- g. Unit Kerja : Jurusan Teknik Mesin, FT Universitas Lampung
- h. Alamat Kantor : Jl. Soemantri Brojonegoro no. 1, Bandarlampung 35145
- i. Telepon/ E-mail : 081369706820 / herry@unila.ac.id
- j. Bidang Keahlian : Teknik Pembakaran dan Energi.

2. ANGGOTA TIM PELAKSANA I

1.1 Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Mohammad Badaruddin, S.T., M.T.
1.2 Jabatan Fungsional	Lektor
1.3 NIP/ NIDN	19721211 199803 1002/ 0011127202
1.4 Tempat dan Tanggal Lahir	Palembang, 11 Desember 1972
1.5 Alamat Rumah	Perum Bukit Kemiling Permai Blok W. No. 18
1.7 Nomor HP	08127246213
1.8 Alamat Kantor	Jl. Prof. S. Brojonegoro No. 1. B. Lampung, Jurusan Teknik Mesin
1.9 Nomor Telepon/Faks	0721-3555519/0721-704947
1.10 Alamat e-mail	mbruddin@unila.ac.id
1.11 Mata Kuliah yg diampu	1. Mekanika retakan
	2. Material Teknik
	3. Teknologi Bahan
	4. Korosi
	5. Perawatan Teknik

3. ANGGOTA TIM PELAKSANA 2

- 1. Nama : Harmen Burhanuddin, S.T, M.T.
- 2. NIP/ NIDN : 19690620 200003 1 001/ 0020066903
- 3. Tempat/tgl. Lahir : Padang, 20 Juni 1969
- 4. Pangkat/Golongan : Penata /III.c
- 5. Jabatan : Lektor
- 6. Alamat Instansi : Jurusan Teknik Mesin FT. Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1
Bandarlampung 35145
- 7. Telepon : (0721) 787867 atau 081225108174
- 8. Email : harmenbur@unila.ac.id / harmenbur@gmail.com

Lampiran 3. Peta Lokasi Wilayah Kedua Mitra

