

**PEMANTAUAN KINERJA TUNGKU PERBAIKAN YANG DIOPERASIKAN  
SECARA BERKALA DENGAN BANYAK BAHAN BAKAR PADAT  
(*MULTI FUEL STOKER IMPROVED FURNACE*)  
DI SENTRA-SENTRA UMKM KABUPATEN CIAMIS**

**<sup>1</sup>Stefano Munir, dan <sup>2</sup>Sriyanti**

<sup>1,2</sup>Dosen Tetap Program Studi Teknik Pertambangan UNISBA, Jln. Tamansari 1 Bandung.  
E-mail : [stefano@ksmcoal.com](mailto:stefano@ksmcoal.com)

**Abstrak.** Kebanyakan industri skala kecil yang disebut disini sebagai Usaha Mikro Kecil dan Menengah, disingkat UMKM, seperti di daerah Kabupaten Ciamis, dapat dianggap sebagai tulang punggung pertumbuhan ekonomi nasional sesuai dengan konsep pembangunan berkesinambungan dipandang dari teknologi, ekonomi dan lingkungan. Tipe tungku yang dikembangkan oleh UMKM selama ini adalah tungku tradisional yang mempunyai ruang pembakaran terbuka yang biasanya terletak di bawah permukaan tanah dan dioperasikan secara berkala (stoker-fired traditional furnace) dengan bahan baker biomassa yang berasal dari berbagai sumber berupa produk samping atau limbah industri pertanian, kehutanan dan kimia dapat diklasifikasikan menurut urutan nilai kalori menaik. Lagipula, klasifikasi biomassa ini dapat digunakan sebagai panduan dalam pemilihan dan penggunaan biomassa sebagai bahan baker dalam berbagai industri yang berbeda, yang disebut sebagai ekologi industri. Sementara itu, rancangan tungku tradisional dimodifikasi menjadi tungku perbaikan (improved furnace) dengan ruang pembakaran tertutup di atas permukaan tanah sehingga lebih efisien, produktif, tahan lama dan ramah lingkungan disamping dapat mengurangi dampak emisi pencemaran udara seperti gas rumah kaca yang menyebabkan gejala pemanasan global. Disamping ini, tungku perbaikan juga dioperasikan secara berkala untuk dikembangkan untuk teknologi co-firing yang menggunakan banyak bahan bakar (multi fuel stoker improved furnace). Dipandang dari desain tungku perbaikan, kecepatan pengumpanan biomassa lebih efisien dengan sekitar 25 % pengurangan penggunaan biomassa dibandingkan dengan yang tungku tradisional disamping ramah lingkungan dengan emisi SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> yang rendah karena kadar S dan N biomassa < 0,50 % dibandingkan dengan batubara yang berkadar S dan N > 0,50 %, apalagi tungku perbaikan dilengkapi dengan cerobong yang berfungsi sebagai pengendali pencemaran udara.

**Kata kunci :** industri kecil, tungku tradisional, tungku perbaikan, klasifikasi, banyak bahan bakar

**Abstract.** Most of the small-scale industry so-called Micro, Small and Medium scale Businesses, abbreviated as MSMB, has been considered so far as the backbone of national economic growth according to the concept of sustainable development in terms of technology, economy and environment. The type of furnace that has been developed by the MSMB is traditional furnace having open fire box that lies usually below the ground and operated intermittently (or stoker-fired traditional furnace) by using biomass as fuel. The biomass derived from various sources in forms of by-products or wastes of agricultural, forestry, and chemical industries can be classified by their respective quality characteristics in terms of calorific value parameter arranged in ascending order. This can be used accordingly as a guidance in selection and use of the biomass as fuels in various industries based on the concept of **industrial ecology**. Meantime, the design of the traditional furnace has

*been retrofitted to become that of the improved furnace with closed fire box above the ground so as to be more efficient, productive, durable, and friendly-environmental in addition to be able to mitigate the impacts of pollutant emissions, e.g. green house gases causing the phenomena of global warming. Therefore, the improved furnace is also operated intermittently to be developed for co-firing technology using multi fuel (**multi fuel stoker improved furnaces**). In terms of the design of improved furnace, its feeding rate of biomass is more efficient by a reduction of approximately 25 % than that of the traditional one in addition to friendly environmental of low  $SO_x$  and  $NO_x$  emissions due to its S and N contents of < 0.50 % in comparison with coal of S and N contents of > 0.50 % in addition to be installed with chimney as a tool of air pollution control.*

**Key Words :** *small scale industry, traditional furnace, improved furnace, biomass classification, multi fuel.*

## 1. Pendahuluan

Peningkatan kinerja pembakaran dalam industri kecil (selanjutnya dirujuk sebagai Usaha Mikro, Kecil dan Menengah = UMKM), yang selama ini masih menggunakan tipe tungku tradisional berbasis bahan bakar lokal, terutama yang berasal dari produk samping (*by-products*) industri pertanian, kehutanan maupun kimia (selanjutnya dirujuk sebagai biomassa) dapat dilaksanakan melalui tindakan perbaikan desain tungkunya. Tindakan modifikasi untuk memperbaiki desain tungku tradisional (*traditional furnace*) menjadi desain tungku perbaikan (*improved furnace*) dapat dilakukan melalui program *retrofit*. Disini, kegiatan tindakan *retrofit* sangat diperlukan supaya kinerja pembakaran tungku menjadi lebih efisien dan ramah lingkungan disamping melaksanakan kebijakan *industrial ecology* yaitu memanfaatkan produk samping (*by-products*) atau limbah (*waste*) dari satu industri pertanian (*crops* atau *agro wastes*), kehutanan (*forest wastes*) atau industri kimia seperti sekam dan jerami padi, batok dan sabut kelapa, kayu, bambu, plastic dan ban bekas, yang seterusnya disebut biomassa, termasuk batubara karena saat ini potensi sumber dayanya masih berlimpah di Indonesia sehingga dapat menjadi salah satu sumber energy terbarukan berupa bahan bakar padat alternative untuk industri yang lainnya. Desain tungku perbaikan ini telah diaplikasikan dengan mudah dan murah melalui program pengembangan tungku percontohan (*pilot improved furnace*) dalam sentra-sentra UMKM yang berbeda, seperti Minyak Kelapa ‘Keletik’ dan Galendo, Pemanggangan Roti dan Penggorengan Macaroni/Kerupuk, dan Pengolahan Kerupuk di Kabupaten Ciamis.

Ciri-ciri desain tungku tradisional antara lain sebagai berikut : ruangan pembakaran (*firebox*) yang terbuka (*open fire box*), terletak di bawah permukaan tanah (*below the ground*), tidak ada kisi di dalam *fire box*, tidak ada cerobong (kalau ada belum standard), tidak ada *baffle*, dan dinding tungku tidak menggunakan lapisan penyekat panas sehingga kinerja pembakarannya tidak efisien dan tidak ramah lingkungan. Karena itu, perlu inisiatif untuk memperbaiki desain tungku tradisional (*traditional furnace*) menjadi desain tungku perbaikan (*improved furnace*). Sedangkan ciri-ciri desain tungku perbaikan antara lain sebagai berikut : ruang pembakaran tertutup (*closed fire box*), terletak di atas permukaan tanah (*above the ground*) supaya dapat menahan perpindahan panas, terutama secara radiasi, ada kisi (*grate*) untuk memungkinkan berbagai bahan bakar padat yang akan digunakan dan abu yang akan dikeluarkan, ada

cerobong (*chimney*) untuk mengeluarkan gas pembakaran (*flue gas*) dan asap dari tungku maupun ruangan pabrik, ada *baffle* untuk menghasilkan aliran nyala api supaya turbulen dan dapat memperbaiki perpindahan panas (*heat transfer*), rancangan pemegang pot untuk memaksimalkan pemindahan panas dari nyala api ke pot, *dampers* untuk mengendalikan dan mengoptimalkan aliran udara, dan sistem *multi pot* untuk memaksimalkan penggunaan panas dan memungkinkan beberapa pot yang akan dipanaskan secara bersamaan.

Karena itu desain tungku perbaikan ini perlu dikembangkan secara berkelanjutan karena dapat dioperasikan dan diaplikasikan langsung tanpa mengganggu proses produksi yang ada pada lokasi sentra-sentra UMKM yang mempunyai kemampuan untuk mengembangkan teknologi *non-cofiring* maupun *co-firing* secara teknis, sosial dan lingkungan.

Teknologi *co-firing* dapat dikembangkan dengan tungku perbaikan dalam industri kecil seperti UMKM yang kinerja komposisi campuran bahan bakar-nya dapat dioptimalkan dengan menggunakan rasio yang divariasikan antara biomassa dan biomassa lainnya tergantung pada ketersediaan dan banyaknya dari masing-masing tipe biomassa. Untuk mendukung keberhasilan pengembangan teknologi pembakaran baik *cofiring* maupun *non-cofiring* dalam UMKM, diperlukan pembangunan sistem klasifikasi biomassa sebagai panduan dalam pemilihan dan penggunaan sumber bahan bakar alternative sehingga mudah mengoperasikan tungku perbaikan dalam rangka mendukung pengembangan kinerja UMKM supaya lebih efisien dan ramah lingkungan. Disamping itu, teknologi *co-firing* ini dapat memainkan peranan penting di bidang sosial dan politik karena peduli terhadap dampak pemanasan global (*Global Warming*) yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca (GRK) karena teknologi *co-firing* dapat memberikan efek untuk pengurangan emisi GRK CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dan emisi gas asam (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>) dan abu pembakaran sebagai akibat adanya reaksi interaksi antara biomassa dengan kadar pengotor rendah dan biomassa berkadar pengotor tinggi. Dipandang dari aspek ekonomi, pengembangan tungku perbaikan dengan teknologi *co-firing* memberikan harapan di sektor UMKM karena perwujudan UMKM yang maju dan berdaya saing dapat tercapai apabila ada tekad kuat dan kerja keras dari baik pelaku maupun *stakeholder* terkait sehingga dapat memacu laju pertumbuhan ekonomi untuk mewujudkan masyarakat yang mandiri, dinamis dan sejahtera, terutama dari golongan bawah dan menengah yang berada baik di pedesaan (*rural*) maupun di perkotaan (*urban*).

Tujuan dari paper ini adalah untuk memberikan gambaran teori dan praktis tentang aplikasi desain tungku perbaikan melalui program *retrofit* melalui pengembangan model fisik tungku perbaikannya sehingga langsung dapat dioperasikan dengan mudah secara berkala (*stoker*) melalui teknologi *non-cofiring* yang berbasis bahan bakar biomassa tunggal (***individual fuel stoker improved furnace***) maupun teknologi *co-firing* yang berbasis banyak bahan bakar biomassa (***multi-fuel stoker improved furnace***) dalam rangka perolehan perbedaan kinerja pembakarannya apabila *Standard Operating Procedure* (SOP) pembangunan dan pengoperasian tungku perbaikan digunakan dengan benar.

## 2. Metodologi

### 2.1. Pembangunan sistem klasifikasi biomassa

Bahan uji yang digunakan untuk pembangunan sistem klasifikasi biomassa umumnya berasal dari produk samping (*by-products*) atau limbah (*waste*) dari industri pertanian (*crops* atau *agro wastes*) dan kehutanan (*forest wastes*) sebagai kelompok biomassa alami/primer, seperti sekam dan jerami padi, batok dan sabut kelapa, kayu, bambu, dan dari industri kimia sebagai kelompok biomassa buatan/sekunder, seperti plastik dan ban bekas. Sebagai perbandingan, batubara dari peringkat rendah sebagai bahan bakar fosil yang *non-alternative* karena tidak terbarukan juga dimasukkan ke dalam kelompok biomassa sekunder. Hal ini dimaksudkan untuk melaksanakan kebijakan ***industrial ecology*** yaitu memanfaatkan produk samping (*by-products*) atau limbah (*waste*) dari industri pertanian (*crops* atau *agro wastes*), kehutanan (*forest wastes*) atau industri kimia yang potensi sumber dayanya masih berlimpah terdapat di Indonesia sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energy baru terbarukan berupa bahan bakar padat biomassa alternatif untuk industri yang lainnya. Walaupun sumber daya biomassa yang potensinya berlimpah terdapat di Indonesia sebagai negara agraris, tetapi belum maksimal dimanfaatkan sebagai sumber energi alternative, terutama oleh industri kecil maupun besar. Untuk meningkatkan kinerja penggunaan biomassa sebagai bahan bakar alternatif, terutama oleh industri kecil yaitu UMKM, diperlukan pembangunan sistem klasifikasi biomassa sebagai panduan dalam pemilihan dan penggunaan bahan bakar alternatif baik untuk teknologi *co-firing* maupun *non-cofiring*.

Karakteristik mutu dari setiap tipe biomassa dapat ditentukan dengan hasil analisa proksimat dan ultimat serta nilai kalori. Dipandang dari semua parameter analisa proksimat yaitu air-lembab (*moisture = M*), abu (*ash = A*), zat-terbang (*volatile matter = VM*), dan karbon-tertambat (*fixed carbon = FC*), ada 2(dua) kelompok parameter analisa proksimat yang berlawanan sifatnya yaitu air-lembab dan abu sebagai 2 (dua) komponen yang tidak dapat terbakar (*non-combustible*) dan zat-terbang dan karbon tertambat sebagai 2 (dua) komponen yang dapat terbakar (*combustible*) dengan kriteria praktis bahwa semakin tinggi zat-terbang dan karbon-tertambat semakin tinggi nilai kalori dari bahan bakar tersebut atau sebaliknya. Kalau disederhanakan bahwa penilaian ini dapat juga dipermudah melalui 2 (dua) komponen pembentuk batubara yang mempunyai sifat berlawanan dalam pembakaran setiap tipe bahan bakar padat yang bersangkutan yaitu air-lembab dan zat-terbang. Disamping itu, tinggi rendahnya nilai kalori dari setiap tipe bahan bakar padat tersebut dapat juga dihubungkan dengan *fuel ratio* yaitu perbandingan antara karbon-tertambat (FC) dengan zat-terbang (VM) atau FC/VM. Sedangkan, dari semua parameter analisa ultimat yaitu C, H, O, N, dan S, yang dinggap sebagai unsur yang berguna dalam proses pembakaran adalah hidrogen dan karbon karena kedua unsur inilah yang membentuk senyawa hidrokarbon, walaupun adanya unsur belerang (S) yang merugikan dapat menghasilkan produk pembakaran yang berbahaya sebagai pencemar udara.

Karena itu, pembakaran biomassa, terutama yang dari kelompok alami, akan mengikuti reaksi balik (*reverse reaction*) dari fotosintesis sehingga dikenal sebagai *CO<sub>2</sub> neutral*. Karena itu, pencampuran biomassa berkadar pengotor rendah dengan biomassa berkadar pengotor tinggi dapat menurunkan emisi GRK seperti CO<sub>2</sub> & CH<sub>4</sub> dan gas-gas asam seperti SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>.

## 2.2. Konsep pengembangan desain tungku perbaikan dari desain tungku tradisional

Pada dasarnya, ciri-ciri desain tungku tradisional antara lain sebagai berikut : ruangan pembakaran (*firebox*) yang terbuka (*open fire box*), terletak di bawah permukaan tanah (*below the ground*), tidak ada kisi di dalam *fire box*, tidak ada cerobong (kalau ada belum standard), tidak ada *baffle*, dan dinding tungku tidak menggunakan lapisan penyekat panas sehingga kinerja pembakarannya tidak efisien dan tidak ramah lingkungan. Karena itu, kegiatan tindakan *retrofit* sangat diperlukan untuk modifikasi desain tungku tradisional tersebut menjadi desain tungku perbaikan sehingga kinerja pembakarannya lebih efisien dan ramah lingkungan.

Sedangkan, desain tungku perbaikan (*improved furnace*) mempunyai ciri-ciri sebagai berikut : ruang pembakaran tertutup (*closed fire box*), terletak di atas permukaan tanah (*above the ground*) supaya dapat menahan perpindahan panas, terutama secara radiasi, ada kisi (*grate*) untuk memungkinkan berbagai bahan bakar padat yang akan digunakan dan abu yang akan dikeluarkan, ada cerobong (*chimney*) untuk mengeluarkan gas pembakaran (*flue gas*) dan asap dari tungku maupun ruangan pabrik, ada *baffle* untuk menghasilkan aliran nyala api supaya turbulen dan dapat memperbaiki perpindahan panas (*heat transfer*), rancangan pemegang pot untuk memaksimalkan pemindahan panas dari nyala api ke pot, *dampers* untuk mengendalikan dan mengoptimalkan aliran udara, dan sistem *multi pot* untuk memaksimalkan penggunaan panas dan memungkinkan beberapa pot yang akan dipanaskan secara bersamaan. Tungku perbaikan dapat dioperasikan **tanpa** atau **dengan** teknologi *co-firing* biomassa dengan sistem pengumpanan bahan bakar biomassa baik secara tunggal/individu biomassa maupun secara banyak berupa campuran 2 (dua) tipe individu biomassa yang berbeda atau lebih ke dalam *fire box* pada kisi tungku untuk memperoleh efisiensi konversi energi yang lebih tinggi.

## 2.3. Kinerja pembakaran tungku perbaikan

Kinerja pembakaran tungku perbaikan dapat ditentukan baik dengan teknologi *non-cofiring* maupun dengan teknologi *co-firing* menurut perkembangan suhu yang dihasilkan dari individu maupun campuran biomassa sesuai dengan nilai kalori yang dimilikinya masing-masing. Selama ini, tungku tradisional mengkonsumsi biomassa seperti kayu, sabut dan batok kelapa dengan kecepatan pengumpanan ke dalam *fire box* tungku sekitar 23 kg/jam dan kecepatan pengumpanan biomassa ini dapat dikurangi dengan tungku perbaikan, terutama apabila dioperasikan dengan teknologi *co-firing*. Karena itu, kinerja pembakaran tungku perbaikan (*improved furnace*) tergantung pada: karakteristik kualitas tipe (bahan bakar) biomassa yang digunakan, desain tungku, dan prosedur pengoperasian tungku.

## 3. Hasil Percobaan dan Pembahasan

### 3.1. Pembangunan sistem klasifikasi biomassa.

Karakteristik kualitas setiap tipe biomassa yang diuji dapat ditentukan dengan hasil analisa proksimat dan ultimat serta nilai kalori dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa dipandang dari analisa proksimat, adanya tren meningkatnya % FC dan menurunnya % VM akan menaikkan nilai kalori kecuali ada dua tipe bahan bakar padat berupa biomassa buatan dari produk samping (*by-products*) industri kimia. Begitu juga kalau dipandang dari analisa ultimat bahwa ada tren meningkatnya % C dan menurunnya % H dan % O akan menaikkan nilai kalori. Sedangkan % S dari kelompok biomassa alami/primer dan turunannya, seperti kayu, sabut dan batok kelapa, bambu, kertas, arang kayu, arang batok kelapa, umumnya lebih rendah dari pada biomassa buatan/sekunder, seperti batubara peringkat rendah, kokas minyak bumi dan ban bekas. Begitu juga dengan % N sehingga baik % S maupun % N akan menimbulkan gas-gas asam ( $SO_x$  dan  $NO_x$ ) sebagai pengotor udara. Karena itu fungsi dari komposisi campuran bahan bakar (*fuel blend*) antara batubara dan biomassa adalah untuk menetralkan karbon (*carbon neutral*) karena adanya reaksi interaksi antara biomassa yang berkadar karbon dan unsur pengotor (% S dan % N) rendah dengan batubara yang berkadar C dan unsur pengotor tinggi sehingga dapat mengurangi emisi gas-gas rumah kaca (GRK) dan gas-gas asam disamping dapat mengurangi banyaknya abu sisa pembakaran batubara.

**Tabel 3.1** Sistem Klasifikasi Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan Menurut Urutan Hierarchy Nilai Kalori Dari yang Terendah Sampai yang Tertinggi

Tipe bahan bakar	Parameter Analisa Proksimat, %				Parameter Analisa Ultimat, %					Nilai Kalori, kcal/kg
	IM	A	VM	FC	C	H	O	S	N	
Jerami padi	8,17	22,51	54,68	14,64	32,60	4,59	39,55	0,13	0,62	3.131
Sekam padi	8,01	24,74	53,24	14,01	32,85	4,79	37,17	0,06	0,39	3.226
Kertas	5,95	8,74	74,50	10,81	39,38	5,62	46,04	0,07	0,15	3.714
Kotoran sapi	8,92	20,97	55,50	14,61	36,47	5,80	34,65	0,23	1,88	3.781
Sampah organik pasar	5,45	9,39	69,29	15,87	41,12	6,77	40,66	0,30	1,76	3.865
Rumput liar ilalang	9,23	6,48	67,23	17,06	44,37	6,65	41,59	0,18	0,73	3.923
Sabut kelapa	14,84	4,03	57,48	23,65	45,08	5,77	44,63	0,18	0,31	3.933
Bagas tebu	9,37	3,08	74,23	13,32	41,70	6,19	42,68	0,16	6,19	4.138
Bambu	8,89	2,71	72,34	16,06	46,73	6,00	43,92	0,15	0,49	4.186
Kayu	11,03	1,54	72,55	14,88	42,97	6,47	48,76	0,09	0,17	4.198
Batok kelapa	10,39	0,53	70,77	18,31	46,52	6,78	45,96	0,10	0,11	4.419
Kulit sawit	10,35	2,14	69,32	18,19	49,96	6,36	41,07	0,07	0,40	4.587
Kulit buah jarak	5,87	4,88	65,85	23,40	46,62	5,88	41,30	0,07	1,25	4.658
Bungkil buah jarak	5,04	7,45	75,66	11,85	47,32	6,79	33,04	0,23	5,17	5.211
Plastik	0,89	0,28	92,90	5,93	-	-	-	-	-	5.551
Batubara peringkat rendah	15,15	1,45	42,32	41,08	58,55	5,63	33,59	0,20	0,58	5.622
Briket batubara karbonisasi	6,42	15,82	24,64	53,12	65,19	3,87	13,96	0,29	0,87	5.891
Arang kayu	6,97	5,14	11,64	76,25	80,44	4,50	9,44	0,21	0,27	6.889
Arang batok kelapa	7,26	1,92	7,78	83,04	86,25	2,69	8,84	0,07	0,23	7.392
Kokas minyak bumi	0,53	0,85	14,72	83,90	79,74	3,31	10,60	4,47	1,61	8.634
Ban bekas	0,73	4,04	67,97	27,26	83,80	7,60	3,10	1,40	0,4	9.345

Sedangkan, kemudahannya beberapa tipe biomassa yang biasa digunakan dalam sentra UMKM, seperti kayu, sabut, dan batok kelapa ditentukan dengan parameter titik nyalanya masing-masing seperti terlihat pada Tabel 3.2 dengan kriteria bahwa semakin tinggi nyala suatu biomassa semakin sulit dinyalakan. Sebagai contoh bahwa batubara dengan titik nyala lebih tinggi dari pada kayu, maka batubara lebih sulit dinyalakan dari pada kayu. Selanjutnya, karena tipe biomassa alami mempunyai titik nyala lebih rendah dari pada titik nyala tipe biomassa buatan, maka prosedur persiapan unggun campuran bahan bakar di atas kisi (*grate*) (*fuel-bed blend*) untuk teknologi *co-firing* dalam ruangan pembakaran tertutup (*closed fire box*) dilaksanakan menurut cara penyusunannya yaitu unggun tipe biomassa alami yang titik nyalanya lebih rendah diletakkan di belakang unggun tipe biomassa buatan yang titik nyalanya lebih tinggi.

**Tabel 3.2.** Titik nyala beberapa tipe biomassa yang dipilih

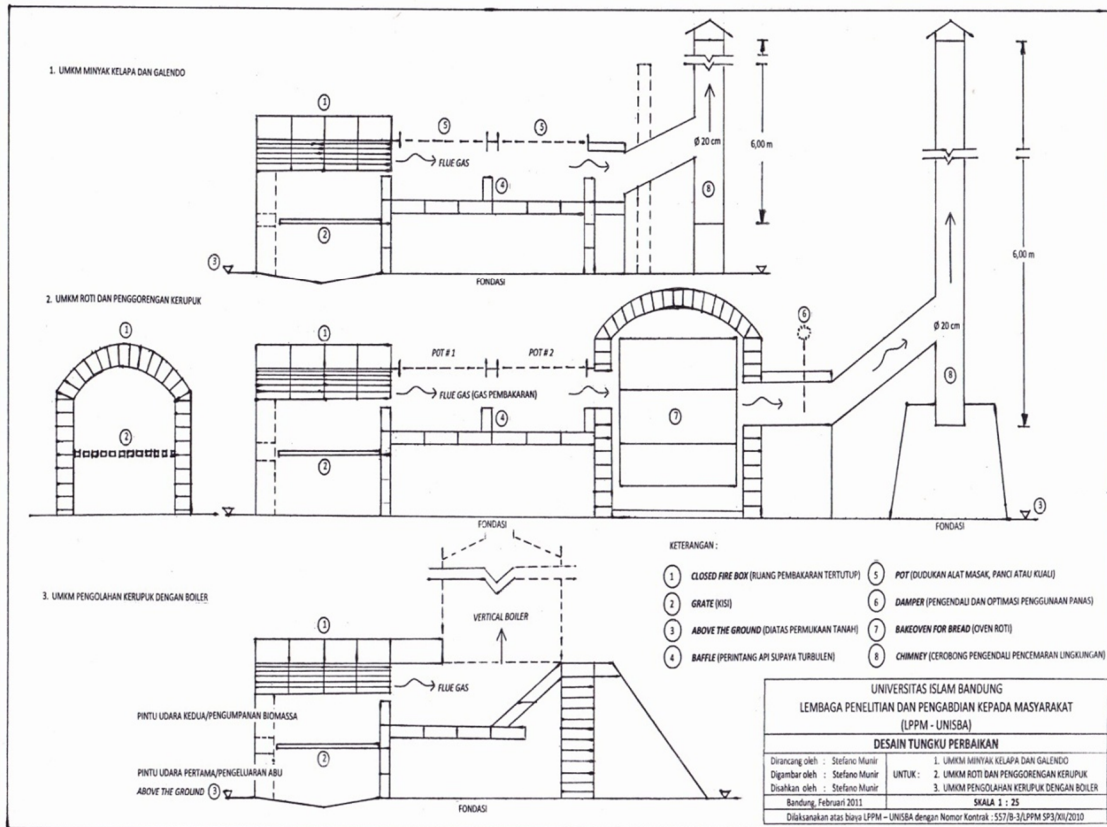
Tipe biomassa	Titik Nyala, °C
A. Alami (Jerami padi s.d. Bungkil buah jarak) :	
1. Kayu	305
2. Bagas tebu	280
B. Buatan (Plastik s.d Ban Bekas)	
1. Arang kayu	400
2. Arang batok	355
3. Ban bekas	323
4. Batubara	447

Kebijakan dan prosedur penggunaan bahan bakar padat biomassa yang baku dapat dikembangkan melalui sistem klasifikasinya sebagai panduan (*guidance*) berupa rujukan praktis (*practical reference*) dalam pemilihan dan penggunaan suatu tipe biomassa maupun campuran untuk dapat diaplikasikan langsung dalam industri kecil pada sentra-sentra UMKM, seperti dicontohkan di daerah Kabupaten Ciamis.

### 3.2. Pengembangan desain tungku dari tradisional ke perbaikan

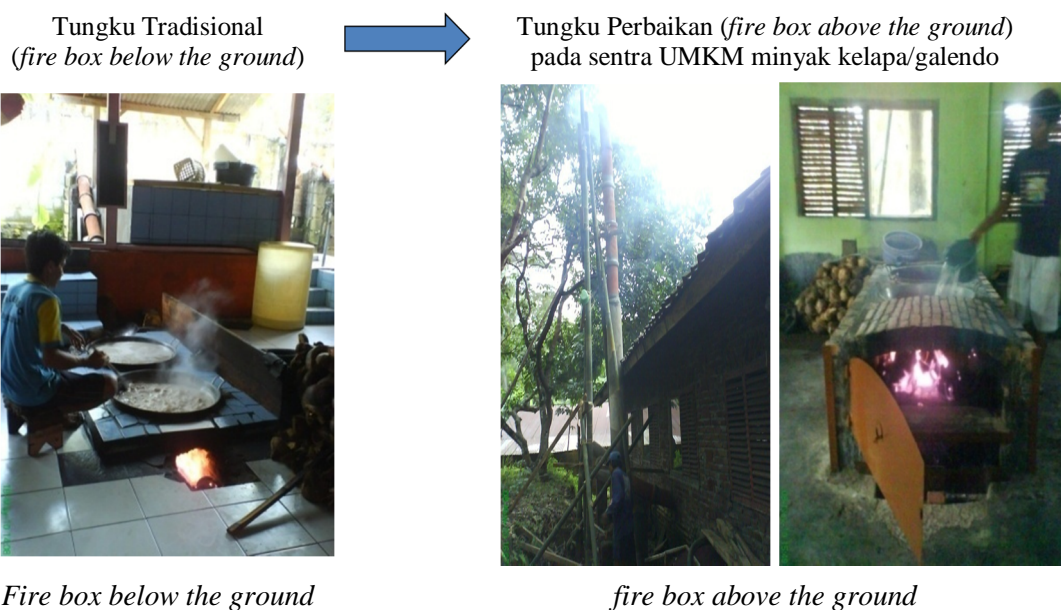
Desain tungku tradisional (*traditional furnace*) yang telah diperbaiki (*retrofitted furnace*) menjadi desain tungku perbaikan (*improved furnace*) dengan cirri-cirinya dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Berdasarkan pada beberapa ciri tungku perbaikan ini, cara dan kecepatan pengumpanan biomassa sebagai bahan bakar alternatif ke dalam *fire box* yang tertutup (*closed firebox*), model fisik tungku perbaikan termasuk ke dalam tipe di atas tanah pada kisi (*above the ground on a grate, known as a raised stool-grate*) sehingga udara segar (*fresh air*) yang masuk di bawah unggun bahan bakar (*fuel bed*) di atas kisi mempunyai berat jenis yang lebih besar dari pada udara panas (*hot air*) di atas unggun bahan bakar supaya menimbulkan perbedaan tekanan (*draft*). Sebagai akibatnya, semua udara (segar maupun panas) harus mengalir melalui unggun bahan bakar berupa individu/tunggal maupun campuran (*fuel blend*) untuk peningkatan kecepatan pembakaran. Dengan kata lain, efisiensi pembakaran di dalam *firebox* tergantung pada caranya udara segar dipasok ke dalam unggun bahan bakar (tunggal = *individual* maupun campuran = *blend*) yang sedang menyala/terbakar (*burning fuel bed*).



**Gambar 3.1.** Desain tungku perbaikan : a). UMKM Minyak kelapa dan galendo, b). UMKM Roti dan penggorengan kerupuk/macaroni, dan c). UMKM Pengolahan kerupuk dengan boiler vertical

Sebagai gambaran perbandingan secara visual mengenai perbedaan antara model fisik tungku tradisional dan model fisik tungku perbaikan yang telah dikembangkan di sentra-sentra UMKM di Kabupaten Ciamis dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.





oven roti yang ada dengan bahan bakar

Tungku Perbaikan (*fire box above the ground, 2 pot, oven*) yang dikembangkan dengan multi bahan bakar padat (*multi-solid*

gas pada sentra UMKM roti



*fired improved furnace)* yang dikembangkan pada sentra UMKM pemanggangan roti



**Gambar 3.2.** Kegiatan *retrofit* dari model fisik tungku tradisional menjadi tungku perbaikan.

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa tahapan SOP pembangunan setiap unit model fisik tungku/*fire box* perbaikan terdiri dari sebagai berikut :

- Persiapan lokasi tungku dan pembuatan fondasi
- Pembuatan kerangka dan dinding tungku yang terdiri dari 3(tiga) lapis : bata tahan api (*refractory*), *insulation/solasi (ceramic wool)*, dan bata merah sehingga tungkunya disebut juga sebagai *brick furnace/oven*.
- Pembuatan *fire box* dan pemasangan kisi (*grate*)-nya
- Pembuatan *multi-pot* atau pemasangan *oven* roti sebelum cerobong yang ditambahkan setelah *multi pot*
- Pemasangan cerobong (*chimney*) dan *damper*
- Pemasangan pintu udara kedua/pengumpanan biomassa dan pintu udara pertama/ pembuangan abu sisa pembakaran
- Pemanasan awal tungku (*preheating*) dan
- Uji coba pengoperasian tungku (*furnace commission*) melalui teknologi *non-cofiring* maupun teknologi *co-firing*. untuk penentuan kinerja pembakaran.

### 3.3. Kinerja pembakaran tungku perbaikan

Kinerja pembakaran tungku perbaikan ditentukan dengan baik teknologi *non-cofiring* maupun teknologi *co-firing* menurut perkembangan suhu yang dihasilkan seperti terlihat pada Tabel 3.3. sehingga mempermudah dalam mengevaluasi kinerja pembakarannya. Kebijakan penentuan kinerja pembakaran tungku perbaikan ini, terutama dengan menggunakan kedua teknologi pembakaran biomassa ini, hanya dilaksanakan di sentra UMKM penggorengan kerupuk/ macarony dan pemanggangan roti.

**Tabel 3.3.** Kinerja pembakaran tungku perbaikan dengan teknologi baik *non-cofiring* maupun *co-firing* dengan menggunakan beberapa tipe biomassa

Unit tungku	Teknologi pembakaran dan Status Bahan Bakar	Parameter kualitas						Suhu, °C pada :			
		Proksimat		Ultimat			Nilai Kalori, kcal/kg	Fire box	Pot 1	Pot 2	Oven
		VM	FC	C	H	O					
Tungku perbaikan stoker untuk sentra UMKM Penggorengan Kerupuk/Makaroni dan Pemanggangan Roti	Individu ( <i>non-cofiring</i> ) :										
	Batubara	34,11	34,65	51,66	6,92	35,15	4.601	600	350	250	200
	Kayu	72,55	14,88	42,97	6,47	48,76	4.198	700	450	300	200
	Sabut kelapa	57,48	23,65	45,08	5,77	44,63	3.933	650	350	250	180
	Batok kelapa	70,77	18,31	46,52	6,78	45,96	4.419	670	400	300	200
	Bambu	72,34	16,06	46,73	6,00	43,92	4.186	750	450	300	200
	Campuran rasio ( <i>co-firing</i> ) :										
	Batubara : Kayu =										
	*) 25/75	62,94	19,82	45,14	5,19	45,36	4.229	-	-	-	-
	**) 50/50	53,33	24,77	43,16	6,70	41,96	4.400	-	-	-	-
	***) 75/25	43,72	29,71	49,49	6,92	38,55	4.500	-	-	-	-
	Batubara : Sabut =										
	*) 25/75	51,64	26,40	46,70	6,06	42,26	4.100	-	-	-	-
	**) 50/50	45,79	29,15	48,37	6,35	39,89	4.267	-	-	-	-
	***) 75/25	39,95	31,90	50,02	6,63	37,52	4.434	-	-	-	-
	Batubara : Batok Kelapa =										
	*) 25/75	61,61	22,40	47,81	6,82	43,36	4.465	-	-	-	-
	**) 50/50	52,44	26,48	49,09	6,85	40,56	4.510	-	-	-	-
	***) 75/25	43,27	30,57	50,38	6,89	37,85	4.556	-	-	-	-
	Batubara : Bambu =										
*) 25/75	62,79	20,71	47,96	6,23	41,73	4.290	-	-	-	-	
**) 50/50	53,23	25,36	49,20	6,46	39,54	4.394	-	-	-	-	
***) 75/25	43,67	30,01	50,43	6,69	37,34	4.497	-	-	-	-	
Tungku perbaikan untuk sentra UMKM Pembuatan Minyak Kelapa dan Galendo	Individu :										
	Batubara	42,32	41,08	58,55	5,63	33,59	5.622	650	650	250	-
	Kayu	72,55	14,88	42,97	6,47	48,76	4.198	720	720	300	-
	Sabut kelapa	57,48	23,65	45,08	5,77	44,63	3.933	660	660	250	-
	Batok kelapa	70,77	18,31	46,52	6,78	45,96	4.419	670	670	300	-
Bambu	72,34	16,06	46,73	6,00	43,92	4.186	780	780	400	-	

Catatan : - = tidak ada.

Tabel 3.3 menunjukkan bahwa perkembangan suhu yang dihasilkan oleh kelima individu tipe bahan bakar padat tersebut umumnya dapat mencapai diatas 600 - 750°C pada *fire box* yang fungsinya sama dengan seperti pembakar (*burner*) sehingga suhu pada setiap pot yang dapat dicapai cukup tinggi walaupun menurun dengan semakin jauh jaraknya dari sumber panas pada *fire box*. Hal ini juga tergantung pada ukuran ruangan *fire box* yaitu ukuran *fire box* pada tungku perbaikan pemanggangan roti lebih besar dari pada tungku minyak kelapa/galendo. Dalam praktek, suhu operasi baik untuk pembuatan minyak kelapa/residunya berupa galendo maupun untuk pemanggangan roti telah memenuhi persyaratan. Sebagai contoh praktis bahwa suhu operasi oven untuk pemanggangan roti biasanya sekitar 180 – 200°C (termasuk dalam kategori suhu oven cukup panas sampai panas) telah tercapai. Sedangkan untuk pembuatan minyak kelapa/galendo pada pot 1 sekitar 350 - 450 °C dan pada pot 2 umumnya untuk memanfaatkan sisa panas dari pot 1 sekitar pada suhu 250 - 300°C. Waktu pemanggangan roti pada oven dengan gas LPG sekitar 15 menit sedangkan waktu

pemanggangan roti dengan oven dari tungku perbaikan dapat lebih cepat yaitu sekitar 7 menit pada suhu oven 200°C sehingga kinerja oven tungku perbaikan lebih efisien dari pada kinerja oven dengan gas, kecepatan pembakaran. Dengan kata lain, efisiensi pembakaran di dalam *firebox* tergantung pada caranya udara segar dipasok ke dalam unggun bahan bakar (tunggal = individual maupun campuran = blend) yang sedang menyala/terbakar (*burning fuel bed*).

Sedangkan apabila tipe biomassa kayu dianggap sebagai rujukan dengan nilai kalori sekitar 4.200 kcal/kg, maka campuran bahan bakar yang mencapai nilai kalori tersebut terletak pada ratio 25/75 seperti terlihat pada Tabel 3.3. Hal ini berarti bahwa sekitar 25 % biomassa buatan seperti batubara maupun arang dapat digantikan dengan biomassa alami supaya lebih efisien dalam penggunaan bahan bakar alternatif.

Karena itu, *Standard Operating Procedure* (SOP) pembangunan dan pengoperasian tungku perbaikan yang telah dikembangkan di daerah Kabupaten Ciamis dapat dijadikan pedoman regulasi dan prosedur pengelolaan sentra-sentra UMKM yang ramah lingkungan dalam rangka melaksanakan konsep pembangunan yang berkesinambungan dipandang dari segi teknologi, ekonomi dan lingkungan yang dapat dimulai dari pedesaan sampai ke perkotaan secara konsisten.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

- a. Desain tungku tradisional dapat dimodifikasi melalui program *retrofit* menjadi desain tungku perbaikan sehingga dapat memenuhi kriteria ciri-ciri desain tungku perbaikan yang kinerja pembakarannya lebih efisien dan ramah lingkungan.
- b. Semua tipe bahan bakar padat konvensional termasuk batubara dapat dianggap sebagai sumber daya energi berkesinambungan dan terbarukan (*renewable and sustainable energy resources*) yang umum dirujuk sebagai biomassa sehingga teknologi *non-cofiring* maupun teknologi *co-firing* biomassa dapat dikembangkan dalam industri kecil pada sentra-sentra UMKM dalam rangka menurunkan biaya produksi.
- c. Desain campuran bahan bakar (*fuel blend*) biomassa dengan biomassa lainnya atau batubara untuk teknologi *co-firing* dengan tungku perbaikan yang dikembangkan merupakan suatu cara yang bisa berjalan (*viable way*) untuk mengelola dampak lingkungan yang disebabkan oleh emisi GRK dan pencemar udara lainnya.

### 4.2. Saran

Sentra-sentra UMKM di daerah-daerah lainnya selain dari Kabupaten Ciamis yang masih menggunakan tungku tradisional perlu diperkenalkan dengan desain tungku perbaikan melalui program sosialisasi dan bimbingan teknis sehingga pembuktian di sumbernya dapat meyakinkan para pelaku UMKM dalam rangka mengembangkan teknologi baik *non-firing* maupun teknologi *co-firing* suatu tipe biomassa dengan tipe biomassa lainnya maupun dengan batubara kalau memungkinkan secara tekno-ekonomis-lingkungan.

## 5. Daftar Pustaka

- A fire pit or fire box is the area of the smoker where we burn wood, mhtml:file:///J:\A fire pit or fire box is the area of the smoker where we burn wood.mht, 3/1/2010.
- Appropedia : The sustainability wiki, *Biomass (original)*, mhtml:file:///J:\Biomass (original) – Appropedia The sustainability wiki.mht , 3/16/2010.
- European Bioenergy Networks (EUBIONET), *Biomass co-firing An efficient way to reduce greenhouse Gas Emissions*, <http://eubionet.vtt.fi>.
- ICMR Bulletin, Indoor Air Pollution In India – A Major Environmental And Public Health Concern, Vol.31, No.5, May, 2001.
- Speight, J.G., *The Chemistry and Technology of Coal*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1994.
- Stefano Munir, *Peran Sistem Klasifikasi Bahan Bakar Padat Konvensional Dalam Hubungannya Dengan Diversifikasi Energi Melalui Pemilihan Bahan Bakar Alternatif*, Prosiding Semnas XVI “ Kimia dalam Industri dan Lingkungan”, Hotel Grand Mercure Yogyakarta, 6 Desember 2007.
- U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, *Biomass Co-firing in Coal-fired Boilers*, 2000.
- World Business Council for Sustainable Development, *Environment, Health, and Safety Performance Improvement*, December 2002.
- World Business Council for Sustainable Development, *Guidelines for the Selection and Use of Fuels and Raw Materials in the Cement Manufacturing Process*, December 2005.
- World Health Organization, *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*, Global update 2005, Summary of risk assessment.