

Program Uji Coba Inisiatif TSHE Indonesia
Metode Pengujian dengan “Memasakan Air” dan Kriteria Evaluasi Produk
Standar Prosedur Operasional SeTAR: SOP 30.03.02

Daftar Isi

Bagian 1: Tujuan, Prinsip-prinsip Pengujian dan Definisi	2
1 Tujuan Proses Evaluasi Tungku	
2 Definisi-definisi	5
Bagian 2: Metode Pengujian	11
3 Toolbox Pengujian Tungku (Kumpulan Alat (tool) untuk melakukan Pengujian Tungku)	11
4. Lima Tahapan Pengembangan Pengujian Teknis yang telah disetujui	11
5. Siklus memasak Khas daerah Tertentu dan Pemilihan Pengujian Memasaknya	11
6. HFR Pengujian Memasak	14
7. Konstruksi Pengujian Teknis	16
8. Validasi Pengujian Teknis	17
9. Pengujian dari Alat Menjerang Air	17
Bagian 3: Penetapan Hasil	17
10. Sistim Pemeringkatan Kinerja Dengan 3 Bintang pada Inisiatif TSHE Indonesia	18
11. Kepemilikan Hasil-hasil Pengujian	19
Bagian 4: Contoh-contoh hasil Pengujian	20
12. Contoh hasil Pengujian untuk baseline tungku di Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta, Indonesia	20

Bagian 1: Tujuan, Prinsip-prinsip Pengujian dan Definisi-definisi

1. Tujuan proses evaluasi tungku

- 1.1. Untuk Mengevaluasi tungku memasak berbahan bakar biomassa dengan cara yang sesuai dengan kondisi nyata agar kelak ketika digunakan oleh masyarakat dapat diperkirakan seperti apa kinerja tungkunya. Perkiraan kinerja tungku didasarkan pada beberapa metrik utama yang diperoleh dengan mengaplikasikan metodologi pengujian dalam kondisi yang terkontrol, sebagaimana dijelaskan pada Bagian 2;
- 1.2. Untuk mengevaluasi semua produk tungku dan kombinasi bahan bakar yang digunakan dengan menggunakan metodologi yang tidak memihak dan menguntungkan serta tidak juga merugikan desain teknologi yang diuji karena sifat metodologi pengujian tersebut yang murni hanya melihat apakah kinerja tungku untuk memasak (*cooking performance*) dapat tercapai.
- 1.3. Untuk menilai kinerja tungku dengan menggunakan beberapa metrik yang tepat yang dapat dikomunikasikan kepada berbagai pihak yang tertarik tentang berbagai metrik kinerja utama dari TSHE, yaitu:
 - 'Sistim Efisiensi, atau sering disebut juga sebagai "efisiensi thermal keseluruhan", merupakan energi panas yang dimanfaatkan dan diserap oleh bejana memasak (termasuk panas yang diserap oleh bahan dari bejana tersebut) yang dinyatakan dalam persentase dari energi panas potential yang ada pada berat bersih bahan bakar yang di konsumsi selama satu rangkaian pengulangan pengujian yang identik, data yang pertama disimpan (tidak digunakan), dari satu atau beberapa pekerjaan memasak yang standar berdasarkan jenis-jenis masakannya, atau selama rangkaian pengujian yang mewakili kombinasi beberapa pekerjaan memasak¹.

¹ Panas yang dimanfaatkan H_{NET} sama dengan panas yang digunakan oleh material panci H_P ditambah dengan panas yang dimanfaatkan oleh isi dalam wadah/panci H_C . Jumlah keseluruhan panas yang dibangkitkan dari bahan bakar H_F ada pada penyebut. Efisiensi Sistem = $H_{NET}/H_F \times 100$.

- Massa dari Carbon Monoksida (CO) yang dihasilkan dalam setiap Mega Joule energi panas yang dimanfaatkan dan yang terakumulasi oleh bejana memasak ketika menyelesaikan beberapa standar pekerjaan memasak yang standar dan mewakili yang dinyatakan dalam massa CO per Mega Joule (g CO/MJ)².
- Massa dari partikel halus yang dihasilkan dalam setiap Mega Joule dari energi panas yang dimanfaatkan dan yang terakumulasi oleh bejana memasak ketika menyelesaikan beberapa pekerjaan memasak yang standar dan yang mewakili yang dinyatakan dalam massa dari $\text{PM}_{2.5}$ per net Mega Joule ($\text{g PM}_{2.5}/\text{MJ}$)³.
- Penilaian atas tingkat keamanan produk (TSHE) akan dilakukan oleh ahli yang berkualitas dengan mempertimbangkan metodologi yang sesuai dengan kultur setempat

1.4. Panduan atas prinsip untuk mengevaluasi TSHE yang berbahan bakar biomasa dan digunakan di dalam rumah tangga.

- 1.4.1. Agar memenuhi syarat untuk dapat diterima dan diikutsertakan dalam proyek uji coba Inisiatif TSHE Indonesia, ada target kinerja minimum yang harus dipenuhi atas **Faktor Emisi** karbon monoksida, emisi partikel halus dan **Efisiensi atas Sistem**. Selain itu ada tambahan persyaratan yang harus dipenuhi sehubungan dengan **Keamanan** dan **Keawetan** TSHE yang diusulkan (baik tungku untuk memasak atau tungku untuk menjerang air). Sedangkan untuk parameter kinerja lainnya seperti daya maksimum dan rasio pengurangan daya tergantung pada pemilik produk dan bagaimana meyakinkan masyarakat bahwa tungkunya layak dibeli. Hasil metrik tersebut akan dimasukkan dalam laporan sebagai hasil pengujian yang sesuai prosedur akan tetapi tidak akan dimasukkan menjadi bagian dari kriteria kualifikasi apakah tungku tersebut layak diterima dan diikutsertakan dalam proyek uji coba.
- 1.4.2. Efisiensi energi akan didasarkan pada energi panas potensial yang ada pada bahan bakar yang digunakan pada setiap siklus memasak H_F dan panas yang diserap oleh bejana memasak atau permukaan dari bejana memasak H_{NET}
- 1.4.3. Peningkatan nilai konsumsi energi, baik yang dinyatakan dalam MegaJoules (MJ) atau yang setara dengan massa bahan bakar, tergantung pada kebutuhan atas jumlah bahan bakar baru yang disiapkan untuk mereplikasi pekerjaan memasak yang standar dari sumber-sumber yang tersedia, bila memungkinkan bahan bakar sisa dari replikasi sebelumnya dapat digunakan ulang. Protokol ini mensyaratkan jumlah MegaJoules atas energi yang secara teori terkandung dalam bahan bakar yang dikonsumsi, sebagaimana diperoleh (AR)⁴. Pendekatan ini dilakukan untuk menghindari digunakannya sejumlah

² Sejumlah potensi panas bahan bakar H_F akan hilang karena ke tidak efisien pembakaran dan penyerapan oleh badan tungku h_s . Panas yang dialirkan h_T termasuk seluruh panas yang digunakan untuk memasak H_{NET} ditambah dengan panas yang dialirkan pada bejana/panci akan tetapi kemudian hilang ke lingkungan sekitarnya h_g . h_g merupakan panas yang hilang dan tidak terukur dan juga tidak berguna untuk memasak. Total massa CO dibagi dengan H_{NET} dalam MJ menghasilkan factor emisi CO yaitu $EF_{CO} \text{ CO/MJ}$

³ Total massa PM dibagi dengan H_{NET} dalam MJ menghasilkan faktor emisi $\text{PM}_{2.5}$ yaitu $EF_{\text{PM}_{2.5}} \text{ PM}_{2.5}/\text{MJ}$

⁴ Yang diterima berarti kandungan air pada bahan bakar diperhitungkan

massa bahan bakar yang dikonsumsi sebagai metrik⁵ Setiap kali pengujian diulang, bahan bakar yang masih dapat digunakan sebagai sisa dari bahan bakar yang digunakan pada pengujian sebelumnya akan digunakan lagi, bila tungkunya masih bisa membakarnya. Bila tidak, ‘bahan bakar yang dikonsumsi’ adalah energi netto yang setara dengan seluruh bahan bakar baru yang digunakan pada tungku pada setiap siklus pembakaran.

- 1.4.4. Emisi dari polutan yang akan dilaporkan adalah emisi mulai dari penyalaan api hingga semua pekerjaan selesai dilakukan termasuk fase pemadaman bahan bakarnya apabila hal ini lazim dipraktikkan oleh masyarakat setempat. Apabila kebiasaan masyarakat setempat adalah membiarkan bahan bakar sisanya tetap terbakar hingga habis/padam sendiri (sering juga digunakan untuk mengeringkan kayu bakar yang akan digunakan esok harinya, atau mengeringkan pakaian), semua emisi yang timbul sepanjang fase tersebut juga turut dimasukkan dalam perhitungan emisi total. Hal ini merupakan sebuah kasus bahwa emisinya tetap dihitung walaupun belum ada kegiatan memasak pada awal atau akhir karena emisi tersebut sudah terpapar pada keluarga pengguna tungku. Pengujian Teknis dari siklus pembakaran (lihat paragraph 2, Definisi-definisi), akan memasukkan hal ini karena terkait dengan kultur dan kebiasaan.*
- 1.4.5. TSHE akan di uji dengan menggunakan Pengujian Teknis yang telah dipilih yang mengacu pada kebutuhan lokal atas energi untuk memasak. Tungku tersebut akan dioperasikan sesuai dengan instruksi dari produser atau pemilik desain tungku.*
- 1.4.6. Tungku-tungku yang memiliki kinerja yang sama harus mendapatkan penilaian yang sama walaupun tungku-tungku tersebut berbeda ukuran ataupun berbeda metodologi operasionalnya. Hal ini mempengaruhi pada metrik mana yang akan dipilih untuk melaporkan kinerja produk tersebut. Tungku-tungku dengan kinerja yang berbeda harus diberikan pemeringkatan yang berbeda pula.⁶*
- 1.4.7. Metrik-metrik harus dipilih sedemikian sehingga penilaian kinerja dilakukan secara adil. Apabila beberapa tungku menunjukkan kinerja yang sama dan metodologi pengujian tidak menunjukkannya pada hasil pemeringkatannya, metodologi pengujian dan sejumlah metriknya harus diinvestigasi lebih lanjut dan dilakukan pembetulan.*
- 1.4.8. Oleh karena itu, metode pengujian yang digunakan untuk memberikan pemeringkatan pada kinerja tungku rumah tangga harus sesuai dengan kultur dan kebiasaan dimana*

⁵Massa yang sama dari bahan bakar yang berbeda biasanya mengandung potensi energi pembakaran dalam jumlah yang berbeda. Menyatakan konsumsi energi berdasarkan “bahan bakar kering” akan dapat diperbandingkan inter-kombinasi (tungku beserta bahan bakar) hanya bila bahan bakar yang digunakan selalu sama. Untuk membandingkan tungku yang menggunakan bahan bakar yang berbeda, neto energi yang dibangkitkan dari bahan bakar tersebut yang diperhitungkan dan metrik yang tepat adalah MJ.

⁶Ini berarti bahwa ada kemungkinan untuk “menipu” pada waktu pengujian yaitu dengan memanfaatkan celah yang ada pada metodologi untuk meningkatkan peringkat akan tetapi sebetulnya tidak layak atau belum memenuhi peringkatnya. Apabila teridentifikasi masalah seperti itu, metodologi pengujian harus disesuaikan yaitu dengan memasukkan penggunaan metrik-metrik dan perhitungan yang lebih tepat.

tungku akan disebarakan sehingga akan menjadi lebih relevan dalam memperkirakan kinerja tungku untuk penggunaan tertentu.⁷

“Metodologi yang ilmiah mensyaratkan model fisika yang mampu memenuhi dua kondisi: yaitu harus dapat merekonstruksi dan memprediksi observasi secara fisik.”⁸

2. Definisi-definisi

2.1. **Sistim pemeringkatan dengan 3 bintang** : Merupakan suatu sistem untuk mengklasifikasikan kinerja suatu produk, dalam hal ini adalah TSHE, menjadi tiga tingkat (tier) berdasarkan suatu kumpulan atas beberapa target kinerjanya, sebagaimana telah didefinisikan pada tabel 1. (paragraf 10 dibawah ini). Agar dapat memenuhi persyaratan sebuah tingkatan (tier) kinerja, masing-masing pemeringkatan nilai kinerja untuk CO, emisi PM dan efisiensi thermal keseluruhan harus memenuhi atau melebihi nilai persyaratan masing masing tier tersebut.

2.2. **Panas yang diterima (As Received) (H_{AR})**: nilai kalori spesifik dari **Bahan Bakar yang Dikonsumsi** yang dinyatakan dalam unit (MJ/Kg). Nilai kalori spesifik ini memperhitungkan Nilai Kalori yang Lebih tinggi (Higher Heating Value (HHV) dari bahan bakar kering yang diperoleh dari pengetesan dengan Bom kalorimeter, pengurangan atas pembakaran dari hidrogen yang terkandung dalam bahan bakar untuk mendapatkan Lower Heating Value (Nilai Kalor lebih rendah) (LHV) dan pengurangan lebih lanjut dengan memperhitungkan tingkat kandungan air pada bahan bakar. Suatu sinonim adalah [hal ini juga lazim disebut dengan **Effective Heating Value (EHV)** (Nilai Kalori Efektif)

HHV dari bahan bakar kering dengan pengukuran langsung menggunakan bom kalorimeter (MJ/kg)

LHV dari bahan bakar kering = $HHV(\text{Kering}) - 25.911 * 9h$ [MJ/kg]

H_{AR} dari bahan bakar = $HHV(\text{Kering}) - 25.911 * (w + 9h)$ [MJ/kg]⁹

Jika h = fraksi massa Hidrogen dari bahan bakar kering dinyatakan dalam persentase

*w = fraksi massa air dari bahan bakar (WWB) **As Received** (yang diterima) dinyatakan dalam persentase*

2.3. **Faktor Emisi Dasar (baseline)**: Apabila melakukan perbandingan antara sebuah desain tungku yang diusulkan dengan tungku yang telah digunakan secara umum, sebaiknya peningkatan atau perbaikan kualifikasi kinerjanya dinyatakan dalam bentuk nilai relative terhadap ‘produk baseline’ dan bukannya dalam bentuk nilai absolut.

⁷Penggunaan yang khas didefinisikan sebagai rerata kinerja selama dua kegiatan memasak yang berbeda yang khas pada suatu kelompok masyarakat target. Untuk yang lebih rinci lihat pada bagian “Pengujian Memasak”

⁸ Scarfetta, N, 2011, p. 12, http://www.fel.duke.edu/~scarfetta/pdf/Scafetta_models_comparison_ATP.pdf

⁹ Formula ini, dirubah menjadi unit lain [BTU/lb], [kCal/kg], cukup sering digunakan, mis. oleh US_EPA dan China

- 2.4. **Bahan bakar biomasa** adalah bahan bakar yang terdapat di Indonesia termasuk (namun tidak terbatas pada) : kayu, produk kayu potongan, produk-produk kayu yang telah diproses, limbah pertanian, limbah pertanian yang telah diproses, pellet dari bahan bakar kayu, pellet dari bahan bakar biomassa lain, arang, berbagai produk biomassa yang telah diawetkan dan dikompak-kan(torrefied), serbuk gergaji, daun-daunan, rumput-rumputan.
- 2.5. **Siklus Pembakaran:** Pembakaran atas bahan bakar dari mulai penyalaan hingga pemadaman, dengan berbagai tingkatan daya yang dibutuhkan untuk melakukan suatu siklus memasak yang spesifik. Jumlah bahan bakar yang digunakan pada tungku biasanya disesuaikan dengan kebutuhan agar paling tidak cukup untuk melakukan satu siklus hingga selesai. Pembuat produk TSHE dapat merekomendasikan standar metode (atau beberapa metode) cara penyalaan dan pemadaman.
- 2.6. **Produk Compliant** didefinisikan sebagai produk-produk yang mampu memberikan energi panas yang cukup ke dalam satu atau lebih bejana memasak tanpa melebihi ambang batas **faktor emisi** atau **konsumsi bahan bakar** yang diperlukan untuk mencapai setidaknya peringkat bintang -1. Tungku untuk memasak harus dapat memberikan panas yang dapat di atur sebagaimana disyaratkan oleh Pengujian Teknis yang dipilih.
- 2.7. **Siklus Memasak:** merupakan satu siklus kegiatan yang memanfaatkan panas hasil suatu siklus pembakaran guna menyiapkan makanan atau mendidihkan air. Keseluruhan siklus memasak biasanya termasuk dalam siklus pembakaran walaupun pada kasus-kasus tertentu energi panas yang tersisa pada tungku memungkinkan terus digunakan untuk memasak bahkan setelah apinya padam. Pembuat produk TSHE akan merekomendasikan penggunaan tungku dan pengaturan daya api untuk memasak, misalnya: dengan atau tanpa melapisi bagian dasar bejana memasak (panci, ceret, dlsb...).
- 2.8. **Daya Maksimum untuk Memasak (P_{MAX}):** Nilai maksimum energi panas yang diserap oleh bejana memasak selama penggunaan tungku dengan “daya tinggi” dalam **Pengujian Teknis**, besarnya dinyatakan dalam Joules per detik atau Watt. Hal ini dihitung sebagai nilai diferensial maksimum dari **Energi Panas Netto yang Terserap dan Digunakan** dan termasuk juga energi panas yang diserap oleh material bejana memasak.
- 2.9. **Daya minimum untuk Memasak (P_{MIN}):** nilai minimum energi panas yang diserap oleh bejana memasak selama penggunaan tungku dengan “daya rendah” dalam **Pengujian Teknis**, yang besarnya dinyatakan dalam Joules per detik atau Watt. Hal ini dihitung sebagai nilai diferensial minimum dari **Energi Panas Netto yang Diserap dan Digunakan** termasuk juga energi panas yang diserap oleh material bejana memasak.
- 2.10. **Tungku memasak:** adalah segala jenis tungku untuk memasak dan menggunakan bahan bakar biomasa, yang membangkitkan dan menghantarkan energi panas dengan daya sesuai dengan kebutuhannya, ke dalam satu atau lebih bejana memasak, memiliki sarana dimana penggunaannya dapat mengatur dayanya sehingga cukup besar atau cukup kecil untuk digunakan memasak makanan khas di wilayah geografis tertentu, dalam hal ini adalah Jawa Tengah dan DI Yogyakarta

2.11. **Pengujian Memasak:** Suatu siklus memasak untuk menyiapkan makanan, mendidihkan air atau digunakan untuk berbagai kegiatan industri rumah tangga yang merupakan kebiasaan di suatu daerah sasaran, masing-masing siklus memasak tersebut akan diberi nomor kode yang berbeda. Pekerjaan-pekerjaan yang umum dilakukan akan ditandai, diberi nomor dan akan direplikasi di laboratorium dengan menggunakan bejana memasak sesuai dengan yang umum digunakan, jumlah bahan bakar, perilaku memasak dan kinerjanya juga diukur. Sebuah **Pengujian Teknis** adalah kombinasi dari beberapa **Pengujian Memasak**

2.12. **Density of Heat Flow (HFR) (tingkat kepadatan aliran energi panas):** Digunakan sebagai sinonim untuk **Heat Flow Rate** atau **Heat Flux** yang dinyatakan dalam unit $[J/cm^2/detik]$.

2.13. **Effective Heating Value (EHV):** Energi kalor spesifik yang dapat dibangkitkan dari bahan bakar yang mengandung air ; sinonim dari **As Received (H_{AR})**, unit $[MJ/kg]$.

2.14. **Faktor Emisi (EF):** massa dari gas $CO(x)$ dalam gram, atau massa dari $PM_{2.5}$ (y) dalam miligram, yang dikeluarkan selama siklus pembakaran berlangsung, ditentukan dan dibagi dengan "net heat gained" (nilai kalori netto yang diserap) (H_{NET}), menghasilkan faktor emisi EF_{CO} dan $EF_{PM_{2.5}}$ secara berurutan dalam unit massa dari emisi per net MegaJoule:

$$EF_{CO} = x \text{ grams of CO}/H_{NET} \quad [g/MJ]$$

$$EF_{PM_{2.5}} = y \text{ milligrams of PM}_{2.5}/H_{NET} \quad [mg/MJ]$$

2.15. **Energi yang dikonsumsi (H_F):** energi panas yang terkandung (MJ) dari **bahan bakar yang digunakan**

$$H_F = H_{AR} * F_C [MJ]$$

Bila H_{AR} = nilai kalori spesifik dari bahan bakar **As Received**, dan

$$F_C = \text{massa dari bahan bakar yang dikonsumsi}$$

2.16. **Bahan Bakar yang digunakan (F_C):** Konsumsi bahan bakar dari sebuah tungku berbahan bakar biomassa didefinisikan sebagai massa (kilogram) dari bahan bakar baru yang diambil dari simpanan bahan bakar (suplai) yang ada diluar sistim memasak yang dibutuhkan untuk melakukan salah satu dari satu seri replikasi siklus pembakaran yang sama, simpan yang pertama.

2.17. **Sisa Bahan Bakar:** Bahan bakar tidak terbakar, baik sebagian atau hampir terbakar seluruhnya, dan yang masih tersisa setelah siklus pembakaran selesai, dan dapat digunakan pada tungku yang sama pada pengulangan siklus berikutnya, dianggap sebagai bahan bakar yang tidak terbakar dan oleh karenanya dikurangkan dari jumlah **bahan bakar yang digunakan**. Apabila sifat-sifat dari bahan bakar yang tersisa setelah pengujian (untuk digunakan kembali pada pembakaran berikutnya) secara substansial sama, tidak perlu untuk menentukan kandungan energi dari jenis bahan bakar seperti itu. Jadi cukup hanya dengan memasukkannya pada pembakaran berikutnya. Apabila kebiasaan lokal adalah membuang

semua **sisa bahan bakar**, perilaku ini perlu ditiru bila perubahan perilaku dalam penggunaan tungku tersebut diharapkan tidak terjadi.

- 2.18. **Masyarakat di daerah geografis tertentu yang akan dijadikan target:** Suatu daerah, yang diidentifikasi sebagai target penyebaran tungku dimana pemasaran tungku dan berbagai kegiatan lain akan dilaksanakan. Kebiasaan memasak masyarakat di daerah tersebut perlu dipelajari sehingga pengujian di laboratorium dapat dibuat sedemikian sehingga dapat memprediksikan apakah calon tungku yang akan disebarakan merupakan tungku yang lebih baik dari tungku yang saat itu digunakan oleh masyarakat tersebut. Pengujian tersebut akan mencerminkan gabungan dari praktek-praktek lokal sehingga evaluasinya akan bervariasi dari satu tempat ke tempat lain. Variasi tersebut adalah: bahan bakar, tungku, bejana yang digunakan untuk memasak, makanan dan metode penyiapan makanan. Mungkin ada beberapa metode evaluasi yang diperlukan untuk satu wilayah apabila beberapa jenis atau peralatan memasak khusus digunakan di wilayah itu.
- 2.19. **Panas yang dihasilkan oleh bahan bakar (H_f):** Total panas yang dibangkitkan dari suatu pembakaran sempurna dari **bahan bakar yang digunakan**, dihitung dari nilai panas per unit massa Panas yang diterima (As Received) (AR). H_f dinyatakan dalam unit (MJ)
- 2.20. **Laju Aliran Panas (Heat Flow Rate - HFR)¹⁰** Laju dari panas yang masuk pada bejana memasak per satuan luasan permukaan yang dipanaskan, biasanya adalah luasan bagian bawah bejana memasak lainnya.¹¹ Jadi merupakan pengukuran daya memasak per satuan luasan yang dinyatakan dalam unit (J/detik/cm²). Pengukuran ini berlaku untuk bejana memasak yang digunakan untuk siklus pengujian dengan diameter berapapun, tetapi biasanya yang dilaporkan adalah yang dengan mengambil diameter terbesar. Diameternya harus dilaporkan bersamaan dengan nilai **HFR**, atau diindikasikan oleh implikasi yang jelas dalam laporan utamanya.
- 2.21. **Pengujian Laju Aliran Panas pada waktu memasak (HFR Cooking Test):** Siklus pembakaran (termasuk variasi daya dan lamanya) dari sebuah **Pengujian Memasak** dilakukan tanpa memasak makanan, akan tetapi dilakukan dengan memanaskan air pada sebuah atau beberapa bejana memasak yang sama dan yang biasa digunakan. Panas yang diserapkan oleh bejana memasak ini ditentukan, dengan menukar dengan bejana yang lain apabila suhu air di dalam bejana tersebut telah mencapai 70^o C. **HFR dari Pengujian Memasak** dilakukan untuk setiap Pengujian Memasak yang keseluruhannya akan menjadi Pengujian Teknis (Yang selalu terdiri dari beberapa pengujian HFR). Hasil dari Pengujian Teknis kemudian divalidasi dengan membandingkannya dengan jumlah dari keseluruhan HFR Pengujian Memasak.
- 2.22. **Laju Aliran Panas (Heat Flux Rate -HFR):** Aliran panas per satuan waktu dalam satuan luasan yang dinyatakan dalam unit (J/detik/cm²) atau (W/cm²) yang digunakan sebagai sinonim

¹⁰ Ini juga disebut sebagai “**Heat Flux**” atau “**Kepadatan dari Aliran Panas**”, tergantung pada bahasa mana yang digunakan. Misalnya 热流密度 and Плотность теплового потока keduanya yang berarti yang kemudian dan yang umum digunakan. Arti sebenarnya adalah sama : Joules per detik per meter persegi [J/detik/m²]. Bila menggunakan CGS maka dapat dituliskan sebagai [Watts/cm²]

¹¹ Untuk panci-panci yang dibenamkan pada tungku atau panci-panci yang diberi penutup keliling akan diperlakukan beda, yaitu dengan menghitung permukaan yang dipanaskan dengan tepat.

dari Laju Aliran Panas (*Heat Flow Rate*) dan Kepadatan dari Aliran Panas (*Density of Heat Flow*).

- 2.23. **Neto Panas yang Digunakan (H_{NET}):** Variabel ini merupakan panas yang disimpan oleh bejana memasak selama siklus pembakaran dan dinyatakan dalam unit MegaJoules. Termasuk didalamnya pemanasan dari bejana memasak dan isinya dan juga panas dari air yang menguap, akan tetapi tidak termasuk aliran panas lain yang melewati bejana memasak, khususnya radiasi dan konveksi yang keluar dari bagian dinding dan atas bejana memasak
- 2.24. **Efisiensi Energi Keseluruhan (η): merujuk pada Efisiensi Sistem**
- 2.25. **Efisiensi Thermal Keseluruhan η): merujuk pada Efisiensi Sistem**
- 2.26. **PM_{2.5}:** Partikel halus, merupakan partikel dengan diameter aerodinamis kurang dari 2.5 μm .
- 2.27. **Metodologi dengan penggantian bejana (tukar-panci) :** Air dengan suhu ruang disiapkan dalam beberapa bejana, kemudian dipanaskan satu persatu bergantian, jika air dalam satu bejana mencapai suhu tertentu yang telah ditetapkan agar menghindari penguapan, biasanya 70oC, maka bejana tersebut diganti dengan bejana berikutnya yang berisi air dengan suhu ruang. Massa bejana dan massa air, dan perubahan suhu atas kedua substansi itu, dan memperhitungkan Kalori Spesifik masing-masing, digunakan untuk menghitung energi panas keseluruhan yang digunakan di sepanjang **Siklus Pembakaran** atau **Siklus Memasak**. Hal ini merupakan suatu varian **Pengujian Pemanasan Air** (Water Heating Test) dengan presisi tinggi¹² dan mampu menghindari kompleksitas perhitungan yang mengkaitkan jumlah air yang menguap. Pengujian ini dapat digunakan untuk menentukan **Laju Aliran Panas** (*Heat Flow Rate*) dengan presisi tinggi, **Efisiensi Sistem** dan **Daya Memasak** pada daya tinggi maupun rendah.
- 2.28. **Toolbox Pengujian Tungku:** Merupakan pendekatan untuk melakukan pengujian dimana metode untuk melakukan pengukuran secara individual dan prosedur perhitungan (**Tools**) telah disepakati dan diterbitkan sebagai prosedur yang telah divalidasi. Setiap Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan serangkaian **alat** (tool) yang telah divalidasi dari **Toolbox** diterima sebagai hasil yang valid. Tergantung pada kebutuhan pelanggan, sebuah laboratorium bebas untuk menggunakan **Alat** atau kombinasi **peralatan** yang telah divalidasi tanpa harus memiliki set gabungan prosedur yang secara eksternal ditinjau sebagai metode terpisah. Konsep ini dapat diperluas untuk mencakup semua pengukuran kinerja termasuk keamanan dan penerimaan sosial.
- 2.29. **Sistem Efisiensi(η):** Rasio energi panas yang berguna yang diperoleh oleh bejana memasak¹³ dibagi dengan energi yang awalnya tersedia dalam **bahan bakar yang digunakan** (sebagaimana didefinisikan pada 2.13) dinyatakan dalam %. Sinonim termasuk **Keseluruhan Efisiensi Thermal** dan **Keseluruhan Efisiensi Energi**.

¹² Dengan menggunakan timbangan skala 1 gram dan thermometer skala 0,1 derajat akan lebih tepat 500 kali untuk menentukan kinerja dengan cara mengukur pemanasan air dari pada penguapan air.

¹³ Lihat paragraph 1.3 di atas dan catatan kakinya untuk melihat definisi dari panas yang diserap

- 2.30. **Pengujian Teknis:** Suatu pengujian pemanasan air yang dilakukan pada kondisi yang terkontrol dimana daya dan lamanya dari dua atau lebih Pengujian Memasak diduplikasi (digandakan). Tujuan dari Uji Teknis tersebut adalah untuk mereproduksi, tanpa memasak dan tanpa memanaskan air hingga mendidih, siklus pembakaran yang mewakili dari gabungan siklus memasak yang digunakan oleh masyarakat sasaran di daerah geografis tertentu. Suatu **Uji Teknis** dibuat dengan menggabungkan beberapa **Pengujian Memasak**. **Uji Teknis** adalah kombinasi, dengan membuat rata-rata secara sederhana atau pembobotan pada frekuensi, dari lamanya dan daya dari dua **Siklus Pembakaran** di mana memasak berlangsung. Jumlah emisi dan konsumsi bahan bakar dari dua **Pengujian Teknis** harus sama dengan hasil gabungan dari komponen **HFR Pengujian Memasak** yang, sebetulnya, adalah **Pengujian teknis** untuk satu kegiatan memasak
- 2.31. **Rasio Penurunan Daya (Turn Down Ratio-TDR):** Daya **Maksimum Memasak** P_{MAX} dan **Daya Minimum Memasak** P_{MIN} ditentukan dengan memperhatikan kebiasaan masyarakat di wilayah sasaran sewaktu memasak makanan tertentu. Hal ini adalah batas atas dan bawah daya yang diperlukan oleh **masyarakat di wilayah sasaran tertentu** untuk memasak. Perbandingan antara dua tingkat daya ini didefinisikan sebagai **Rasio Penurunan Daya (Turn Down Ratio)**. Tungku yang khusus digunakan hanya untuk memanaskan air tidak perlu untuk menunjukkan kemampuannya dalam mengatur daya untuk memasak, sehingga tidak memiliki TDR.
- 2.32. **Uji Pemanasan Air (Water Boiling Test-WBT):** Pengujian atas sebuah tungku atau pemanas air yang menggunakan sebuah bejana atau beberapa bejana berisi air yang dipanaskan dari awal hingga suhu akhir (kadang-kadang, tetapi belum tentu mencapai titik didih) sebagai pengganti untuk memasak dan untuk menentukan jumlah panas yang dihantarkan oleh tungku pada bejana memasak atau permukaan yang dipanaskan dari alat/bejana masak.
- 2.33. **Pemanas Air:** Setiap Alat pemanas air yang berbahan bakar biomassa yang dapat menghantarkan panas dengan kecepatan yang dapat diterima dalam satu atau lebih wadah air.

Bagian 2: Metode Pengujian

3. **Evaluasi kinerja** menerapkan konsep *Toolbox Pengujian Tungku*. *Toolbox* adalah seperangkat alat atau metode pengukuran yang telah disetujui¹⁴(Tools) yang dapat dikombinasikan dalam berbagai cara untuk memberikan evaluasi kinerja berdasarkan persyaratan memasak dari beragam komunitas yang menjadi target. Tidak semua Tool perlu digunakan karena siklus memasak berbeda dari proyek ke proyek. Apabila pengujian dilakukan dan dianalisa dengan menggunakan kombinasi dari Tools yang telah disepakati hasilnya dianggap valid.
4. Lima tahap dalam pengembangan sebuah **Pengujian Teknis** yang valid untuk melakukan **Evaluasi Kinerja**:
 - Evaluasi oleh para ilmuwan sosial mengenai **Siklus Memasak** yang biasa dilakukan di daerah target dan pemilihan **Pengujian Memasak** yang mewakili, kemudian menentukan baseline emisi dan konsumsi bahan bakar;
 - Melakukan (**HFR**) **Pengujian Memasak** untuk menentukan **Daya** yang dibutuhkan untuk memasak, **Sistim efisiensi** dan **faktor emisi** pada setiap siklus;
 - Menentukan **Pengujian Teknis** dengan cara menggabungkan dua atau lebih **Pengujian Memasak** secara matematis;
 - Penerapan metode yang telah disetujui untuk mengukur dan menghitung kinerja tungku selama **Pengujian Teknis**;
 - Perbandingan Hasil **Pengujian Teknis** dengan hasil **HFR Pengujian Memasak** untuk menunjukkan bahwa tes laboratorium dapat melakukan ulang persis sama dan karena itu dapat memprediksi kinerja tungku untuk memasak yang sebenarnya.

Setiap elemen yang digunakan dalam proses ini adalah Tool dan ada aturan, prosedur dan metrik yang harus diikuti.

5. **Siklus Memasak khas daerah tertentu dan pemilihan Pengujian Memasaknya**

Dari survei praktek memasak lokal, dipilih dua masakan atau pola memasak yang umum dilakukan.¹⁵Pemilihan tersebut berdasarkan pola pemanfaatan daya yang lazim dibutuhkan untuk memasak dan berbeda antara satu dengan yang lain. Biasanya satu siklus memerlukan daya memasak tinggi sebagai daya yang dominan dan yang lainnya adalah memasak dengan daya rendah yang dominan. Hal lain yang juga perlu dipertimbangkan adalah kebutuhan untuk mengontrol daya ketika memasak. Jenis kegiatan memasak yang dipilih, panci dan bahan bakar harus merupakan hal yang umum digunakan oleh masyarakat sasaran dan meliputi keseluruhan dari rentang **Daya Memasak** yang dibutuhkan. Untuk memastikan adanya kesepakatan tentang proses memasak dan mengatur besar kecil api, sebuah kelompok fokus harus diamati ketika mereplikasi proses ini di laboratorium. Kelompok fokus tersebut harus telah terbiasa dengan siklus

¹⁴ Sudah disetujui oleh organisasi pendukung dana atau Badan Penentu Standar yang relevan

¹⁵ Lebih dari dua macam kegiatan dapat digunakan untuk melakukan "Pengujian Teknis". Hal ini akan tepat untuk dilakukan bila kegiatan yang ketiga (atau kegiatan lain) membutuhkan ke berfungsi tungku yang tidak terlihat pada dua kegiatan awal

*memasak dan tungku yang digunakannya. Kinerja dasar dari Tungku (**Konsumsi Bahan Bakar, EF_{CO}** dan **$EF_{PM2.5}$**) ditentukan selama demonstrasi tersebut.*

5.1. Pengujian Memasak 1, Jawa Tengah

Kegiatan memasak tersebut terdiri dari tiga tahapan – merebus 0,5 kg beras dengan menggunakan panci kemudian mengukus beras yang sudah direbus secara tradisional dengan menggunakan soblok (dandang), diikuti dengan menjerang 3 liter air hingga mendidih.

Waktu Nol

Penyalan

Siapkan sebuah panci yang berisi 1 liter air dan 0,5 kg beras yang telah dicuci, tutuplah panci tersebut kemudian letakkan diatas tungku yang telah dinyalakan

Setelah mendidih, buka tutupnya dan aduk beras yang sedang mendidih agar tidak hangus, terus didihkan hingga air terserap habis dan butiran beras mengembang.

Waktu yang dibutuhkan : 9 menit

Turunkan panci dan naikkan soblok/dandang yang berisi 2 liter air

Didihkan air

Waktu yang dibutuhkan 10 menit

Masukkan nasi yang sudah setengah matang ke dalam soblok/dandang

Setelah nasi masak turunkan soblok/dandang

Waktu yang dibutuhkan 30 menit

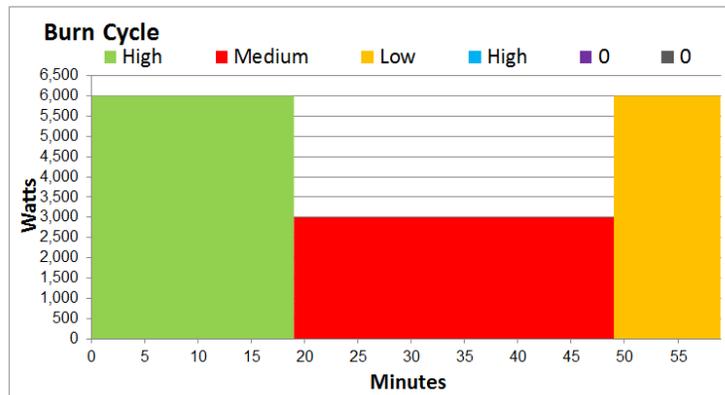
Letakan panci (dengan tutup) yang berisi 3 liter air ke atas tungku

Ketika air sudah mendidih, berarti siklus memasak sudah selesai

Waktu yang dibutuhkan 10 menit

Jumlah total waktu yang dibutuhkan 59 menit

Daya untuk Memasak	Tinggi	Menengah	Rendah	tinggi	Total
Menit	19	30	tidak ada	10	59



5.2. Pengujian Memasak 2, Jawa Tengah

Kegiatannya terdiri dari memasak Opor Ayam (Sup ayam dengan santan) dengan sambal matang

Waktu Nol

Penyalaaan

Letakkan panci dengan tutup yang berisi 365 gram santan, 600 gram ayam, 60 gr bumbu dan 1,4 liter air pada Tungku

Masak hingga mendidih

Waktu yang dibutuhkan 9 menit

Biarkan mendidih dengan api kecil

Waktu yang dibutuhkan 49 menit

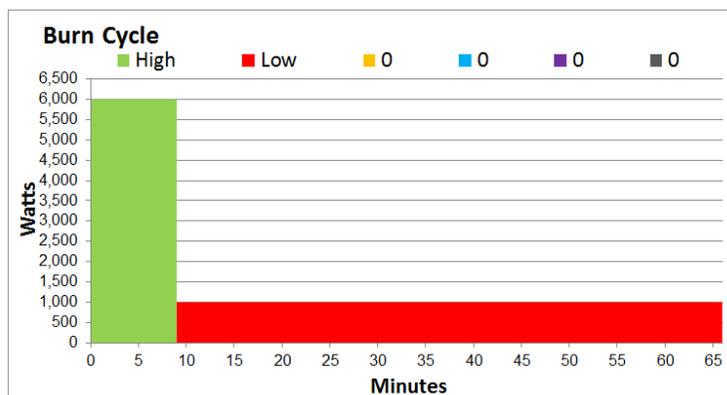
Turunkan Panci dan gantikan dengan wajan yang berisi 60 gram minyak

Goreng lomboknya dengan api kecil

Waktu yang dibutuhkan 8 menit

Jumlah waktu yang dibutuhkan 66 menit

Daya untuk Memasak	Tinggi	Menengah	Rendah	Tinggi	Total
Menit	9	tidak ada	57	None	66



Untuk mendapatkan kinerja yang khas dari waktu yang dibutuhkan untuk **Pengujian Memasak**, perlu dilakukan tiga kali pengulangan.

Apabila Tunggunya dapat menggunakan sisa bahan bakar dari pengujian sebelumnya, maka diperlukan empat kali pengulangan: Yang pertama untuk mendapatkan "Sisa bahan bakar" dan yang tiga berikutnya untuk mendapatkan rerata waktu dari setiap bagian dari seluruh siklus. Angka angka di atas adalah hasil dari rerata tiga **Pengujian Memasak**.

6. HFR Pengujian Memasak

Setelah menentukan siklus memasak mana yang akan digunakan dan setelah mengukur seluruh emisi CO dan PM dan juga konsumsi bahan bakar per siklus, perlu juga untuk melakukan siklus pembakaran yang sama dengan menggunakan metode tukar-panci untuk mengukur panas yang digunakan oleh panci pada setiap siklus dan laju panas yang mengalir pada panci panci tersebut.

6.1. Perhitungan Laju Aliran Panas (Heat Flow Rate – HFR)

6.1.1. HFR maksimum dan minimum yang terukur selama **Pengujian Teknis** dihitung dan dilaporkan pada Pembuat/pabrik tungku dan Pelaku Pasar. Laporan ini bukan merupakan persyaratan kinerja, melainkan **adalah informasi** yang relevan untuk memahami harapan konsumen.

6.1.2. HFR merupakan persyaratan kinerja memasak minimum menurut pendapat pengguna potensial dari tungku. Karena alasan budaya, target ini tidak sama di semua kelompok masyarakat. Informasi ini diperlukan oleh para Pelaku Pasar dalam memilih teknologi tungku yang akan dipromosikan.

6.1.3. Formula penghitungan **HFR** adalah:

$$\text{HFR} = \frac{\text{Panas yang diserap oleh bejana [Joules]}}{\text{Waktu x Luasan bejana yang dipanaskan (yang biasanya adalah dasar bejana)[Detik x cm}^2\text{]}}$$

- 6.2. **HFR Pengujian Memasak 1** dilakukan tiga kali dengan menggunakan metode Tukar-Panci . Siklus pembakarannya identik dengan Pengujian Memasak 1. Bukannya memasak makanan, namun memasak air dengan panci (bejana) yang sama dengan yang digunakan saat memasak¹⁶ diletakan pada tungku secara berurutan selama proses siklus Pembakaran, Penggantian panci dilakukan setelah air dalam panci mencapai suhu 70 ° C. Total panas yang digunakan secara terus menerus dinilai dan Laju aliran Panas (HFR) [Joule per detik per sentimeter persegi] dihitung - untuk setiap panci, jika ada lebih dari satu - di setiap tingkat daya api yang digunakan.
- 6.3. Emisi-emisi total, faktor-faktor emisi, konsumsi bahan bakar, efisiensi energi, laju aliran panas dan daya memasak untuk semua tiga ulangan ditabulasikan. Seperti sebelumnya, di setiap pengujian menggunakan bahan bakar yang tersisa dari siklus pembakaran yang sama sebelumnya¹⁷, jika memang digunakan¹⁸.
- 6.4. Total energi potensial pada bahan bakar yang digunakan selama Pengujian Memasak 1 ($\Sigma H1F$) dan energi memasak yang digunakan ($\Sigma H1NET$) ditentukan. Apabila ada perbedaan antara massa dari 'bahan bakar yang digunakan' yang ditambahkan pada pengulangan pengujian pertama dan massa yang tersisa setelah pengujian yang ke tiga, perlu dilakukan penyesuaian pada angka $\Sigma H1F$ untuk memberikan total energi yang tersedia di semua bahan bakar¹⁷ yang dikonsumsi. Untuk tungku yang tidak dapat menggunakan kembali salah satu bahan bakar yang tersisa, koreksi ini tidak diperlukan karena semua bahan bakar dianggap dikonsumsi. Total massa emisi CO dan PM dari **Pengujian Memasak 1** bila dijumlahkan akan memberikan ΣCO^1 massa $\Sigma PM_{2.5}^1$. Total massa CO dan PM dibandingkan dengan jumlah nilai yang diperoleh selama tiga kali pengulangan dari **HFR Pengujian Memasak 1**. Jika ada kecocokan nilai, **HFR Pengujian Memasak** dapat divalidasi.
- 6.5. Nilai-nilai ΣCO^1 dan $\Sigma PM_{2.5}^1$ dari **Pengujian Memasak 1** dibagi dengan total panas yang digunakan ΣH^1_{NET} untuk menghasilkan Faktor-faktor Emisi baseline bagi Carbon monoksida dan bahan partikel halus $PM_{2.5}$

$$EF^1_{CO} = \Sigma CO^1 / \Sigma H^1_{NET} [\text{g CO/MJ}]$$

$$EF^1_{PM_{2.5}} = \Sigma PM^1_{2.5} / \Sigma H^1_{NET} [\text{g } PM_{2.5}/\text{MJ}]$$

¹⁶ Kemungkinan ukuran panci yang digunakan untuk memasak akan berbeda-beda dan variasi ini juga akan diulang penggunaannya

¹⁷ Sisa bahan bakar tidak tidak selalu harus memiliki nilai panas yang sama dengan bahan bakar baru. Energi yang tersedia nantinya akan disesuaikan

Total panas yang digunakan selama tiga kali replikasi pengujian dari **Pengujian Memasak 1** $\sum H^1_{NET}$ dibagi dengan total energi yang tersedia pada **Bahan bakar yang Digunakan** $\sum H^1_F$ untuk menghasilkan **Efisiensi Sistem**, yang dinyatakan dalam %.¹⁸

$$\eta^1 = \sum H^1_{NET} / \sum H^1_F \times 100 \quad [\%]$$

η adalah efisiensi dan superscript ¹ menunjukkan nomor Pengujian Memasak.

6.6. **HFR Pengujian Memasak 2** dilakukan untuk menghasilkan 3 hal

Faktor Emisi CO untuk Pengujian 2 CO : EF^2_{CO}

Faktor Emisi PM2.5 untuk Pengujian 2: $EF^2_{PM2.5}$

Efisiensi Sistem untuk Pengujian 2: η^2

Hasil-hasil tersebut digunakan untuk memvalidasi **HFR Pengujian Memasak 2**.

6.7. Nilai-nilai dari ke dua Pengujian tersebut di reratakan sebagai berikut:

$$\text{Rerata } EF_{CO} = (\sum CO^1 + \sum CO^2) / (H^1_{NET} + H^2_{NET})$$

$$\text{Rerata } EF_{PM2.5} = (\sum PM^1_{2.5} + \sum PM^2_{2.5}) / (H^1_{NET} + H^2_{NET})$$

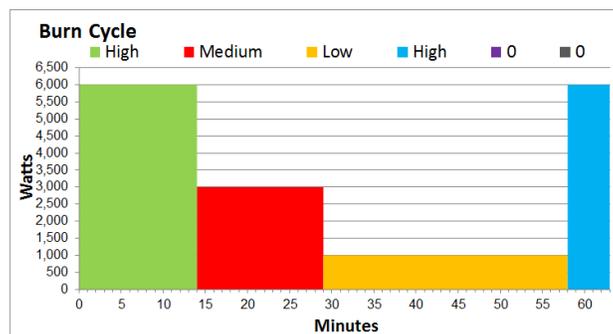
$$\text{Rerata } \eta = (H^1_{NET} + H^2_{NET}) / (H^1_F + H^2_F)$$

7. Konstruksi Pengujian Teknis

Siklus Pembakaran dari dua **Pengujian memasak** dikombinasikan untuk menciptakan **Pengujian Teknis** tunggal yang me-rerata kan segmen lamanya waktu pengujian pada setiap tingkatan daya, kemudian dibulatkan:

Daya Memasak	untuk Tinggi	Menengah	Rendah	Tinggi	Total
Rerata Menit	$(19+9)/2 = 14$	$(30+0)/2 = 15$	$(0+57)/2 = 28.5$	$(10+0)/2 = 5$	62.5
Pembulatan nilai	14	15	29	5	63

Pengujian Teknis terdiri dari empat daya api memasak yang terpisah dengan total lamanya waktu 63 menit.



¹⁸ Prosedur ini tidak akan memberikan jawaban yang sama yang diperoleh dengan membuat rerata nilai efisiensi untuk setiap pengujian. Angka-angka efisiensi merupakan rasio, oleh karena itu tidak dibenarkan untuk membuat rerata dari rasio. Total panas neto (net heat) yang diserap dibagi dengan total panas yang dibangkitkan bahan bakar akan menghasilkan rerata efisiensi. Perlu dicatat juga bahwa nilai ini bukanlah efisiensi perpindahan panas puncak, yang akan dicapai dengan menggunakan satu perangkat peralatan (tools) yang berbeda yang sudah disetujui.

7.1. **Pengujian Teknis** adalah Pengujian Laju Aliran Panas (HFR) yang dilakukan dengan metodologi penggantian panci (**tukar-panci**) sepanjang waktu pengujian. Pengujian dilakukan tiga kali, dan selalu menggunakan bahan bakar yang tersisa dari pengujian sebelumnya dengan catatan bila tungkunya memang bisa menggunakan **Bahan bakar yang Tersisa** tersebut. Total emisi dan konsumsi bahan bakar dicatat, dan kinerja thermal dan emisinya dihitung. Sebagaimana dengan pengujian **HFR** lainnya, massa dari Sisa Bahan Bakar yang digunakan pada replikasi pengujian pertama ¹¹ dibandingkan dengan Sisa Bahan Bakar setelah Pengujian terakhir untuk menyesuaikan dengan Ketersediaan energy total pada bahan bakar mentah (H_F).

$$\text{Faktor Emisi Pengujian Teknis: } EF_{CO} = CO / H_{NET} \quad [g \text{ CO/MJ}]$$

$$\text{Faktor Emisi Pengujian Teknis: } EF_{PM_{2.5}} = PM_{2.5} / H_{NET} \quad [g \text{ PM}_{2.5}/\text{MJ}]$$

$$\text{Efisiensi Sistem Pengujian Teknis: } \eta = H_{NET} / H_F \times 100 \quad [\text{MJ/MJ, \%}]$$

8. Validasi Pengujian Teknis

Faktor-faktor emisi CO dan $PM_{2.5}$, dan Efisiensi Sistem dari **Pengujian Memasak** yang telah digabungkan dibandingkan dengan nilai-nilai yang diperoleh dari **Pengujian Teknis**. Apabila nilai rerata dari Pengujian Teknis ada dalam kisaran 80% - 120% dari nilai rerata dari Pengujian Memasak, maka Pengujian Teknis dinyatakan valid sebagai prosedur pengujian.¹⁹

9. Pengujian dari Alat Menjerang Air

Kinerja dari suatu calon teknologi (tungku penjerang air) ditentukan dengan dengan cara menjerang 5 liter air atau lebih hingga mendidih. Tidak diperlukan cara pengoperasian tertentu. Di beberapa daerah sasaran, masyarakat menjerang air dengan jumlah yang mungkin berbeda. Namun sudah kita ketahui bahwa kapasitas alat penjerang air berkisar dari 2 liter hingga 20 liter.

Metrik yang digunakan adalah **Faktor-faktor Emisi** EF_{CO} [g CO / H_{NET}], $EF_{PM_{2.5}}$ [mg $PM_{2.5}$ / H_{NET}] dan **Efisiensi Sistem** η [%] berdasarkan neto panas yang diperoleh (termasuk panas yang diperoleh bejana) dibagi dengan energi yang tersedia dalam bahan bakar mentah yang dikonsumsi H_F [MJ].

Bagian 3: Penentuan Hasil-hasil

10. Sistem Pemerinkatan Kinerja dengan 3 bintang pada Inisiatif TSHE Indonesia

Nilai Rerata Kinerja yang ditentukan oleh **Pengujian Teknis** dibandingkan dengan kebutuhan untuk mengetahui tingkatan (Tier) Kinerja Tungku sebagaimana ditunjukkan pada table 1. Satu peringkat nilai diberlakukan untuk setiap kategori kinerja.

¹⁹ Keakuratan metodologi ini terbatas, oleh kualitas dari peralatan yang tersedia. Di masa mendatang, kisaran target mungkin akan lebih ketat seiring dengan tersedianya peralatan yang lebih baik.

Tabel 1. Kriteria Pemingkatan TSHE dengan 3 bintang pada Inisiatif TSHE Indonesia

	Efisiensi Sistem (Efisiensi thermal Keseluruhan)		Faktor Emisi		Keamanan, Lingkungan, dan keawetan	
	TSHE	Pemanas Air	[g CO/H _{NET}]	[mg PM _{2.5} /H _{NET}]	Keamanan, Lingkungan ^{1/}	Keawetan
Bintang satu	≥25%	≥45%	≤12	≤300	Tenaga ahli	1 tahun
Bintang Dua	≥30%	≥55%	≤10	≤200	Tenaga ahli	1 tahun
Bintang tiga	≥40%	≥ 65%	≤ 8	≤100	Tenaga ahli	1 tahun

Catatan 1: Para ahli akan menentukan aspek keamanan dan lingkungan dari tungku

Suatu Tingkatan (Tier) diberlakukan pada suatu produk (Tungku memasak atau tungku pemanas air) berdasarkan nilai tingkatan tertinggi yang didapat dari ketiga parameter di atas, yaitu Efisiensi sistem, EF_{CO} dan $EF_{PM_{2.5}}$ memenuhi kriteria-kriteria yang berlaku.

Jika sebuah desain Tungku berhasil memenuhi tingkatan sebagaimana kriteria di atas, laporan atas produk Tungku tersebut akan dinyatakan sebagai: "Produk Tungku ini telah dinyatakan berhak menyandang Bintang Satu (atau Dua, atau Tiga) oleh Inisiatif Tungku Sehat dan Hemat energi (ITSHE) Indonesia"

Apabila produk (tungku) nya gagal memenuhi satu atau dua kriteria dari tingkatan Bintang Satu, maka laporan hasilnya pada produk (tungku) akan menyatakan :

"Produk Tungku ini belum dapat dinyatakan berhak menyandang "bintang" sesuai dengan sistim penilaian Inisiatif TSHE Indonesia"

Keamanan: Untuk dapat diterima pada Inisiatif TSHE Indonesia, suatu produk (tungku) harus memenuhi standard keamanan minimum, tanpa terkait pada sistim penilaian Tingkatan berdasarkan **Faktor-faktor Emisi** dan **Efisiensi Sistem**. Metodologi dan kriteria untuk standard keamanan tercantum pada dokumen terpisah (akan dibuat) atau ditentukan oleh Pemerintah Indonesia.

Keawetan: Untuk dapat diterima pada Inisiatif TSHE Indonesia, suatu produk harus memenuhi standard keawetan minimum yaitu setara dengan penggunaan secara normal selama satu tahun, tanpa terkait pada sistim penilaian Tingkatan berdasarkan **Faktor-faktor emisi** dan **Efisiensi Sistem**. Metodologi dan kriteria untuk menentukan keawetan tercantum pada dokumen terpisah (akan dibuat) atau ditentukan oleh Pemerintah Republik Indonesia. Evaluasi tingkat keawetan dapat juga dilakukan dengan melihat pada berbagai macam bukti pengujian keawetan yang diberikan oleh pemilik produk.

11. Kepemilikan hasil Pengujian

- 11.1. *Hasil-hasil dari Pengujian Kinerja merupakan hak milik dari “Inisiatif TSHE Indonesia”*
- 11.2. *Seluruh Hasil Pengujian akan diberikan pada Pemilik Produk, yang mungkin akan menggunakan, mendistribusikan atau mengumumkan hasil pengujian untuk kepentingan mereka.*
- 11.3. *Hasil-hasil dengan tanpa menyebutkan nama atau identitas produk akan digunakan untuk membuat laporan dan perbandingan di dalam berbagai dokumen terkait proyek Inisiatif TSHE Indonesia.*

Bagian 4: Contoh-contoh hasil pengujian

12. **Contoh hasil-hasil Pengujian** untuk baseline tungku di Jawa Tengah Indonesia disajikan di bawah ini:

12.1. Siklus Memasak 1: Rebus 500 g beras, Kukus Beras dan didihkan 3 liter air

Panci untuk merebus (“karu”) beras: 22Ø x 13.5 cm aluminium

‘Soblok’: 27.2Ø x 18 cm aluminium

Panci untuk mendidihkan air: 22Ø x 13.5 cm aluminium

Total PM2.5 2 259 mg

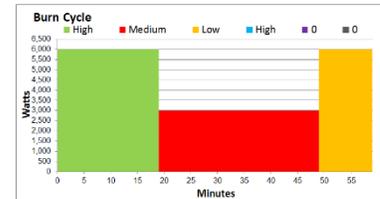
Total CO 31.9 g

Total bahan bakar yang digunakan 26.5 MJ

Heat Flow Rate (Max) 3.5W/cm²(ditentukan sepanjang pengujian dengan penggantian panci)

Heat Flow Rate (Min) 1.6W/cm²(ditentukan sepanjang pengujian dengan penggantian panci)

Turn Down Ratio 2:1 (ditentukan dari nilai HFR Max and Min)



12.2. Siklus Memasak 2: Membuat Opor ayam dan menggoreng sambal

Panci: 22Ø x 13.5 cm aluminium Total PM2.5

2 062 mg

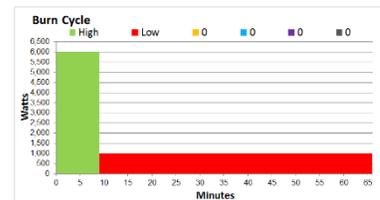
Total CO 31.6 g

Total bahan bakar yang digunakan 25.0 MJ

Heat Flow Rate (Max) 4.4W/cm²(ditentukan sepanjang pengujian dengan penggantian panci)

Heat Flow Rate (Min) 1.0W/cm²(ditentukan sepanjang pengujian dengan penggantian panci)

Turn Down Ratio 4.4 (ditentukan dari nilai HFR Max and Min)



12.3. Rerata Hasil Siklus Memasak :

Total PM2.5 2161 mg

Total CO 32.0 g

Total Energi yang digunakan 25.8 MJ_{NET} (panas yang dihasilkan bahan bakar)

Heat Flow Rate (Max) 4.4 W/cm² (nilai tertinggi yang dicatat)

Heat Flow Rate (Min) 1.0 W/cm² (Inilai terendah yang dicatat)

Turn Down Ratio 4.4 (ditentukan dari nilai e HFR Max and Min)

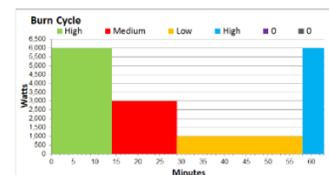
12.4. Pengujian Teknis

Total PM2.5 2,170 mg

Total CO 30.0 g

Total energi yang digunakan 26.9 MJ

Efisiensi Sistim 15.9%



Panas yang diserap oleh Panci	$4.28H_{NET}$ [MJ]
Faktor Emisi PM	507 mg/H _{NET}
Faktor emisi CO	7.1 g/H _{NET}
Heat Flow Rate (Max)	2.9W/cm ²
Heat Flow (Min)	1.0 W/cm ²
Turn Down Ratio	3:1

12.5. Peringkat Baseline Tungku Keren:

PM _{2.5} Emission Factor	→0 Stars	Tidak memenuhi kriteria minimum bintang 1
CO Emission Factor	→3 Stars	Memenuhi untuk kriteria bintang 3
System Efficiency	→0 Stars	Tidak memenuhi kriteria minimum bintang 1

Penilaian Keseluruhan :

“Produk Tungku ini belum dapat dinyatakan berhak menyandang “bintang” sesuai dengan sistim penilaian Inisiatif TSHE Indonesia”

Informasi tambahan yang akan dilaporkan pada produser atau pelaku pasar untuk dapat membantu mereka menentukan produk yang paling sesuai untuk segmentasi pasar yang dituju :

Heat Flow Rate (Max)	HFR_{MAX}	2.9W/cm ²
Heat Flow Rate (Min)	HFR_{MIN}	1.0W/cm ²
Turn Down Ratio	TDR	3:1
Cooking power (Max)	P_{MAX}	1,660 W
Cooking power (Min)	P_{MIN}	553 W

Laporan tersebut akan memasukkan juga ukuran panci yang dapat dipanaskan oleh tungku secara baik sesuai dengan pendapat lokal, hasil pengujian atas “kemungkinan untuk terguling”, hasil pengujian kestabilan panci , hasil pengujian beban yang dapat di tanggung, Kemungkinan TDR maksimum dan informasi lain yang dianggap relevan oleh pelaku pengujian.