

RANCANG BANGUN TUNGKU PELEBUR LIMBAH KACA UNTUK SENTRA UKM MANIK-MANIK KACA

¹⁾Priscilla Tamara, ²⁾Peniel Immanuel Gultom

^{1,2)} Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAK

Proses peleburan limbah kaca di UKM saat ini dilakukan dengan 2 cara yaitu tradisional yaitu brander saja yang „ditembakkan“ ke limbah kaca (400° C - 500° C) yang menghabiskan waktu sangat lama disebabkan kapasitas yang sangat terbatas dan modern yaitu tungku pelebur logam yang dimodifikasi namun hanya bisa untuk produksi kaca tiup serta tungku keramik yang dimodifikasi namun harganya sangat mahal sulit untuk dijangkau oleh pengrajin UKM dengan kapasitas peleburan yang besar menggunakan tungku peleburan besar ($\leq 1800^{\circ}$ C), yang juga lama karena butuh waktu untuk mencapai suhu tinggi dan secara keseluruhan membutuhkan biaya yang besar.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang tungku pelebur limbah kaca yang sesuai dengan karakteristik khusus peleburan limbah kaca dengan menggunakan metode QFD (Quality Function Deployment) dan AHP (Analytical Hierarchy Process), sehingga sesuai dengan kebutuhan para pengrajin di UKM kerajinan limbah kaca.

Hasil dari penelitian adalah tungku pelebur limbah kaca yang sesuai dengan karakteristik peleburan limbah kaca, dapat memproduksi kaca tiup dan kaca cetak lembaran, menggunakan material refraktori tinggi dari hasil penelitian sebelumnya yang mampu untuk peleburan sampai dengan suhu 1800° C serta harganya pun tidak terlalu mahal sehingga dapat dijangkau oleh pengrajin UKM.

Kata kunci : limbah kaca, tungku pelebur limbah kaca , QFD, AHP

Proses peleburan limbah kaca di UKM saat ini dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- ❖ Tradisional, dengan kapasitas peleburan 1 – 2 kg diletakkan dalam kowi (*crucible*) tembikar, kemudian dengan menggunakan *brander* LPG api ditembakkan langsung ke arah limbah kaca hingga meleleh seperti gulali (400° C - 500° C). Proses peleburan ini menghabiskan waktu sangat lama disebabkan kapasitas yang sangat terbatas.
- ❖ Modern, dengan kapasitas peleburan yang besar menggunakan tungku peleburan besar ($\leq 1800^{\circ}$ C). Proses peleburan ini juga lama karena butuh waktu untuk mencapai suhu tinggi dan secara keseluruhan membutuhkan biaya yang besar.

Jadi UKM masih menggunakan tiga jenis tungku yaitu : Brander saja yang „ditembakkan“ ke limbah kaca, tungku pelebur logam yang dimodifikasi namun hanya bisa untuk produksi kaca tiup, tungku keramik yang dimodifikasi namun harganya sangat mahal sulit untuk dijangkau oleh pengrajin UKM. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah merancang tungku pelebur limbah kaca yang sesuai dengan karakteristik khusus peleburan limbah kaca yaitu : limbah kaca harus ditembak langsung oleh api, kowi tidak boleh terlalu dalam agar kaca dapat memperoleh panas yang dibutuhkan secara merata, setelah kaca mencair harus terus dibakar

selama beberapa jam lagi agar diperoleh hasil yang baik (warna yang diinginkan), limbah kaca sangat cepat membeku setelah keluar dari api.

Tungku pelebur limbah kaca ini harus dapat memproduksi kaca tiup dan kaca cetak lembaran. Menggunakan material refraktori tinggi dari hasil penelitian sebelumnya yang mampu untuk peleburan sampai dengan suhu 1800° C serta harganya pun tidak terlalu mahal sehingga dapat dijangkau oleh pengrajin UKM Adapun dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah QFD (*Quality Function Deployment*) dan AHP (*Analytical Hierarchy Process*)

METODE

Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental untuk pembuatan bentuk tungku dengan menggunakan model skala kecil.

Bahan dasar (bagian dalam) yang digunakan adalah Alumina (Al_2O_3), Silica (SiO_2) dan Besi (Fe_2O_3), sebagai hasil dari penelitian sebelumnya. Peralatan lain yang digunakan adalah plat besi, *ceramic blanket*, termokopel tipe R, 2 buah brander LPG dan 2 buah tabung LPG 12 kg.

Data yang diperoleh diolah dan dianalisis dengan menggunakan metode QFD dengan tahapan :

- STEP 1 – Menentukan Atribut Tungku Peleburan Limbah Kaca

- STEP 2 - *Engineering Characteristics*
- STEP 3 - *Interaction Matrix*
- STEP 4 - *Interaction Between Parameters*
- STEP 5 - *Technical Analysis & Target Values*

Kemudian dari hasil pengujian dari BBK (Balai Besar Keramik) Bandung dibuat pembobotan AHP dengan menggunakan *software expert choise* agar diperoleh hasil yang optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan QFD

Produktifitas bagi semua industri sangat penting. Salah satu cara meningkatkan produktifitas dengan perancangan sistem kerja yang praktis. Penggunaan tungku untuk peleburan limbah kaca, ada yang masih menggunakan cara tradisional berupa peleburan langsung dalam wadah tembikar yang mengakibatkan temperatur maksimal 600°C sehingga limbah kaca tidak mencair melainkan hanya berbentuk gulali. Adapula yang menggunakan tungku yang lebih modern namun harganya sangat mahal untuk UKM. Rancangan tungku yang dikembangkan diharapkan dapat diterima UKM pengrajin limbah kaca di seantero nusantara.

STEP 1 – Menentukan Atribut Tungku Peleburan Limbah Kaca

Berdasarkan survey mengenai keinginan konsumen terhadap produk dan menanyakan lewat wawancara untuk menentukan *importance rating* berdasarkan skala likert dengan skala 1 sampai 5, dimana angka 1 menunjukkan *least important* dan angka 5 menunjukkan *most important*.

Hasil survey tersebut ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. *Importance Rating*

<i>Product Attributes</i>		<i>Relative Importance Index (Weight Factors)</i>
1	Temperatur tinggi	5
2	Bentuk yang sesuai	5
3	Tahan lama	4
4	Kokoh	3
5	Harga terjangkau	3
6	<i>Low Maintenance</i>	2

STEP 2 - *Engineering Characteristics*

Rancangan produk baru dijabarkan dalam pengertian karakteristik/parameter teknis dimana dapat didasarkan pada spesifikasi teknis produk atau menurut operasionalisasi dari atribut-atribut produk yang ada. Berikut ini sebuah tabel yang mengeksplorasikan kebutuhan teknis dari rancangan tungku untuk peleburan limbah kaca

Tabel 2. *Engineering Characteristics*

What & How	Engineering Characteristics						Relative Imp. Index
	Mencapai titik leleh kaca	Jumlah Brander	Ukuran Brander	Konsumsi Bahan Bakar	Jenis Material	p : l : t	
Product Attributes							
1	Temperatur tinggi						5
2	Bentuk yang sesuai						5
3	Tahan lama						4
4	Kokoh						3
5	Harga terjangkau						3
6	<i>Low Maintenance</i>						2

STEP 3 - *Interaction Matrix*

Inti dalam metode QFD adalah hubungan antara atribut-atribut produk (*what*) dengan parameter teknis (*how*). Evaluasi dari setiap sel matriks yang menunjukkan apakah hubungan kuat-erat (*strong*) = 9, sedang (*medium*) = 3, lemah (*weak*) = 1 atau tidak ada hubungannya sama sekali.

Jumlah skor untuk tiap-tiap parameter teknis (per kolom matriks) akan menunjukkan prioritas yang harus diambil dari proyek perbaikan rancangan.

Untuk lebih jelasnya kita gambarkan matrik interaksi antara atribut produk dengan parameter teknis yang telah dijabarkan sebelumnya, sebagai berikut :

Tabel 3. *Interaction Matrix*

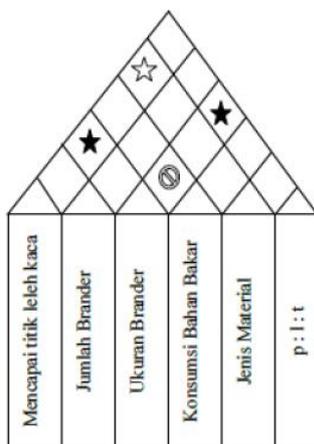
Product Attributes		Engineering Characteristics						Relative Imp. Index
		Mencapai titik leleh kaca	Jumlah Brander	Ukuran Brander	Konsumsi Bahan Bakar	Jenis Material	p : l : t	
1	Temperatur tinggi	● 45				● 45		5
2	Bentuk yang sesuai	△ 5	■ 15	● 45		● 45		5
3	Tahan lama		■ 12		● 36			4
4	Kokoh	△ 3	● 27		● 27			3
5	Harga terjangkau	● 27		■ 9	● 27			3
6	Low Maintenance	△ 2	■ 6		● 18			2
Sum scores		80	2	60	54	153	45	394
Priority (%)		20,3	0,51	15,23	13,71	38,83	11,42	100%

● Strong Relationship (9)
 ■ Medium Relationship (3)
 △ Weak Relationship (1)

Prioritas tertinggi

STEP 4 - Interaction Between Parameters

Perubahan sebuah parameter akan mempengaruhi hubungan dengan parameter yang lain. Hal penting yang perlu ditetapkan terlebih dahulu adalah derajat hubungan antara parameter-parameter yang ada sebelum mengembangkan solusi alternatif untuk perbaikan satu atau lebih dari parameter-parameter teknis dari produk secara spesifik. Bagian ini merupakan posisi atap dari rumah kualitas (*roof of QFD*).



- ★ positif sekali
- ☆ positif
- ⊖ negatif
- ⊖★ negatif sekali

STEP 5 - Technical Analysis & Target Values

Pada tahap ini desain produk lama dengan produk kompetitor – yang dijadikan acuan untuk “*benchmarking*” – dianalisis, diperbandingkan dan dievaluasi untuk menetapkan nilai-nilai parameter teknis yang perlu memperoleh perhatian untuk perbaikan produk.

Langkah ini akan memberikan kemungkinan untuk langkah perbaikan serta penetapan “*target values*” yang harus bisa dipenuhi oleh rancangan produk yang akan dikembangkan. Bagian ini berada pada bagian bawah bagan QFD.

	Mencapai titik leleh kaca	Jumlah Brander	Ukuran Brander	Konsumsi Bahan Bakar	Jenis Material	p : l : t
Measurement unit	°C	unit	in	kg/jam	Jmlh	
Target Values	1300	2 - 4	2,5 - 3	20 - 25		3 : 2 : 2

Berikut ini hasil final dari *QFD development plan* berupa RUMAH KUALITAS.

Product Attributes:		Engineering Characteristics						Relative Imp. Index
		Mencapai titik leleh kaca	Jumlah Brander	Ukuran Brander	Konsumsi Bahan Bakar	Jenis Material	p : l : t	
1	Temperatur tinggi	● 45				● 45		5
2	Bentuk yang sesuai	△ 5	■ 15	● 45		● 45		5
3	Tahan lama		■ 12		● 36			4
4	Kokoh	△ 3	● 27		● 27			3
5	Harga terjangkau	● 27		■ 9	● 27			3
6	Low Maintenance	△ 2	■ 6		● 18			2
Sum scores		80	2	60	54	153	45	394
Priority (%)		20,3	0,51	15,23	13,71	38,83	11,42	100
Measurement unit		°C	unit	in	kg/jam	jmlh		
Target Values		1300	2 - 4	2,5 - 3	20 - 25		3 : 2 : 2	

Keterangan : ■ = Rencana pengembangan

Dengan menggunakan metode QFD (*Quality Function Deployment*), ditemukan bahwa karakteristik tungku untuk peleburan limbah kaca adalah mencapai temperatur leleh kaca ($\geq 1250^\circ\text{C}$), kuat, harganya terjangkau dan memiliki penampang yang cukup lebar dengan bentuk yang sesuai. Dari penelitian yang telah dilakukan ditentukan satu buah bentuk tungku dari tiga bentuk tungku alternatif yang sesuai dengan karakteristik tersebut.

Pembobotan *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

Penetapan bobot kepentingan dari masing-masing perspektif menggunakan *Analytic Hierarchy Process (AHP)* dengan cara membuat kuesioner yang bersifat tertutup. Pembobotan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepentingan atau skala prioritas dari masing-masing sampel yang telah diuji di Balai Besar Keramik (BBK) Bandung. Responden yang digunakan untuk memberikan bobot adalah pihak pengrajin manik-manik kaca Jombang. Skala yang digunakan adalah skala perbandingan berpasangan dengan nilai 1 sampai dengan 9. Proses pengolahan dengan menggunakan *software expert choice*.

Pengukuran konsistensi secara alamiah atau deviasi dari konsistensi disebut sebagai indeks konsistensi ($CI = Consistency Index$) yang diformulasikan sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

dengan,

λ_{max} = Eigenvalue maksimum
 n = orde matriks

Rasio konsistensi ($CR = Consistency Ratio$), dapat dihitung dengan persamaan:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

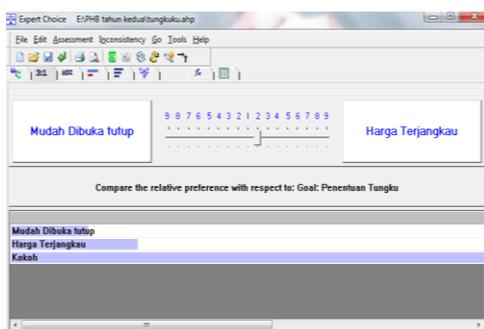
dengan,

RI = *Random Index*, yang nilainya dapat dilihat pada tabel 4.

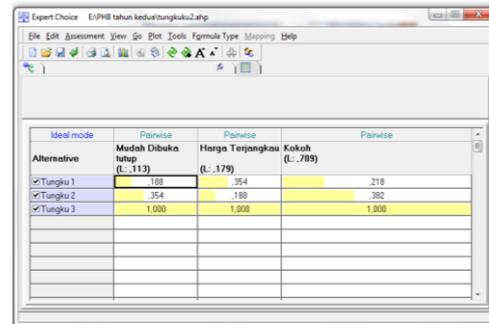
Tabel 4. *Random Index*

Orde Matriks (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Hasil analisis QFD dan alternatif rancangan tungku tersebut dimasukkan ke dalam *software expert choice* untuk dianalisis dengan AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Maka tampilannya adalah sebagai berikut :

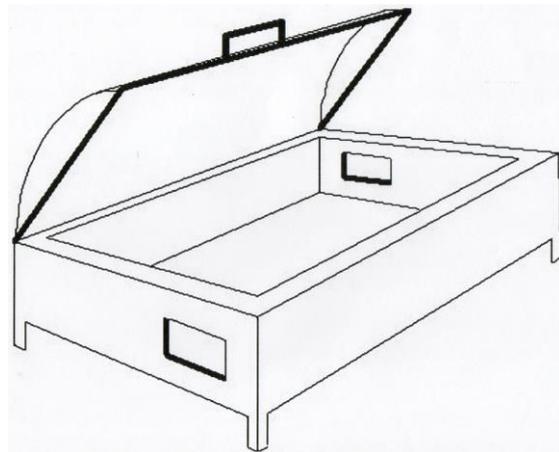


Gambar 1. Pembobotan Mudah Dibuka tutup terhadap Harga Terjangkau



Gambar 2. Hasil Total Penilaian Tungku

Rancangan Tungku Pelebur Limbah Kaca



Gambar 3. Rancangan Tungku Pelebur Limbah Kaca

Rangka menggunakan plat besi, pada bagian dalam semua dilapisi alumina. Lubang brander terletak pada bagian badan. Jumlah lubang brander adalah 2 lubang. Di bagian atas terdapat lubang udara sekaligus lubang termokopel. Dimensi bagian dalam adalah 60 x 40 x 30 cm. Cara membuka adalah dengan mengangkat handel pada bagian penutup ke arah atas.

Kelebihannya adalah :

- Lebih kokoh dan kuat serta awet
- Lebih ergonomis secara posisi

Kelemahannya adalah :

- Engsel mudah rusak karena suhu tinggi
- Berat karena menggunakan plat besi dan alumina

Prototipe Tungku Pelebur Limbah Kaca

Sebagai perwujudan hasil analisis dengan metode AHP maka dibuat prototipe tungku pelebur limbah kaca dengan spesifikasi umum sebagai berikut :

- Dimensi luar : 80 x 60 x 75 cm

- Material dalam : refraktori tinggi (up to 1800° C)
- Material luar : plat besi 3 mm
- Material penutup : ceramic blanket (up to 1800° C)
- Peralatan tambahan :
 - Brander LPG : Ø 5” x 50 cm
 - 2 buah tabung LPG 12 kg
 - Termokopel tipe R (up to 2500° C)
 - Termokontrol
- Harga : Rp. 20 jutaan



Gambar 4. Tungku Pelebur Limbah Kaca

KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan memberikan kesimpulan .:

- Material yang digunakan sesuai dengan karakteristik peleburan limbah kaca yaitu refraktori tinggi jenis asam.
- Teknik peleburan limbah kaca yang langsung membakar bahan dari atas, menyebabkan bentuk tungku menjadi spesifik dan model tungku juga akan berbeda dengan tungku peleburan logam.
- Tungku pelebur limbah kaca untuk UKM ideal menggunakan bentuk kotak agar dapat

digunakan baik untuk kaca tiup (dengan kowi) maupun untuk kaca cetak lembaran.

- Teknik peleburan limbah kaca yang langsung membakar bahan dari atas, bukan secara oven.
- Untuk tungku dimensi kecil seperti ini brander sebaiknya tidak berhadapan agar pembakaran berlangsung baik.
- Agar kaca leburan hasilnya baik, pembakaran pada suhu diatas 1200° C harus ditahan minimal selama 2 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Cohen, Lou, 1995, *Quality Function Deployment “How To Make QFD Work For You”*, Addison-Wesley Publishing Company One Jacob Way.
- Mizuno, Shigeru & Akao, Yoji, 1994, *QFD: The Customer Driven Approach to Quality Planning and Deployment*, Asian Productivity Organization, Hongkong.
- Saaty, T. L. 1988. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority, Setting, Resource Allocation*, University of Pittsburgh, USA.
- Tamara, Priscilla, 2006, *Analisis Hubungan Antara Sikap Kerja, Ekonomi Gerakan Dan Tingkat Kelelahan Terhadap Hasil Produksi (Studi Kasus Di Stasiun Kerja Pengrajin Pada Industri Kecil Manik-Manik Kaca, Desa Plumbon Gombang – Jombang)*, Tesis, ITN, Malang.
- Tamara, Priscilla, 2012, *IbM Perancangan dan Pembuatan Alat Pelebur dan Pencetak Limbah Kaca Dalam Rangka Pengabdian Kepada Masyarakat Di APMA Jombang*, DitLitabmas.
- Widodo, Imam Djati, 2005, *Perencanaan dan Pengembangan Produk*, UII Press, Yogyakarta.