

Pengembangan Model Tungku Pelebur Limbah Kaca Dengan Metode QFD dan AHP

Priscilla Tamara^{1,*}, Peniel Immanuel Gultom¹, Sanny Andjar Sari¹

¹ Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

* E-mail : pritz_tam@yahoo.com

Abstract. Currently the glass waste melting process done traditionally with a smelting capacity of 1-2 kg, placed in a crucible pottery, then using LPG brander, the fire fired directly into glass waste until melted. This melting process spent a long time with a limited capacity.

So far there has been no local crucible which have special characteristics for glass waste smelting. Another problem is the glass waste furnace. SMEs still use three types of furnaces, namely; Brander that "fired" into glass waste, modified metal melting furnace but only for the production of blown glass, modified ceramic furnace but the price is very expensive- it is difficult to reach by SMEs.

By using the QFD method, was found 3 composition and form an appropriate with the characteristics of the glass waste smelting. Based on the certificate of test results conducted at Balai Besar Keramik Bandung analyzed by the AHP method, the results obtained in the form of high refractory crucibles which in accordance with the characteristics of the glass waste smelting for SMEs. In addition it also developed model of the furnace for glass waste smelting which can be used for the production of blown glass and glass sheet molding, able to smelting high temperatures up to 1800° C, and the price is not too expensive to be able to reach by SMEs.

Keywords: Glass Waste, Crucible, Glass Waste Furnace, QFD, AHP

1. Pendahuluan

Saat ini proses peleburan limbah kaca dilakukan secara 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.

Sejauh ini belum ada kowi lokal yang mempunyai 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. Kendala lain adalah tungku untuk melebur limbah kaca. 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.

Oleh karena itu selain membuat kowi khusus peleburan limbah kaca, dikembangkan pula model tungku untuk peleburan limbah kaca yang dapat untuk memproduksi kaca tiup dan kaca cetak lembaran. Dengan menggunakan metode QFD (*Quality Function Deployment*) dan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dihasilkan komposisi material refraktori tinggi yang mampu untuk peleburan sampai dengan suhu 1800° C serta harganya pun tidak terlalu mahal sehingga dapat dijangkau oleh pengrajin UKM.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental untuk pembuatan kowi dengan mengubah komposisi bahan refraktori yang nantinya juga sebagai bahan dasar tungku.

Bahan yang digunakan adalah Alumina (Al₂O₃), Silica (SiO₂) dan Besi (Fe₂O₃). Pembuatan kowi menggunakan alat press dengan kuat tekan 1 ton. 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 Produk Kowi dan Tungku Peleburan Limbah Kaca
- STEP 2 - *Engineering Characteristics*
- STEP 3 - *Interaction Matrix*
- STEP 4 - *Interaction Between Parameters*
- STEP 5 - *Technical Analysis & Target Values*

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

3. 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 kowi dan tungku yang dikembangkan diharapkan dapat diterima UKM pengrajin limbah kaca di seantero nusantara.

STEP 1 – Menentukan Atribut Produk Kowi dan 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 mengeksplorasi 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	Konsentrasi Bahan Bakar	Jenis Material p : 1 : 1	
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 :

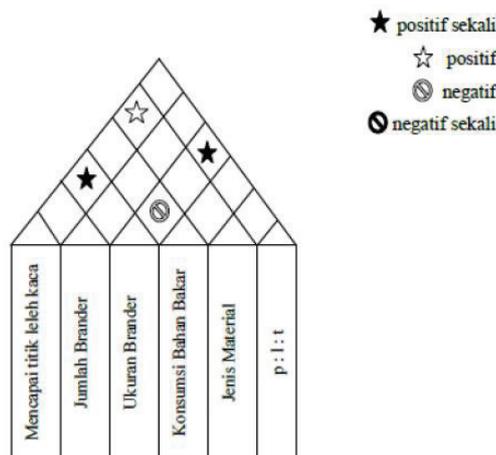
Product Attributes		Engineering Characteristics					Relative Imp. Index
		Mencapai titik leleh kaca	Jumlah Brander	Ukuran Brander	Konsumsi Bahan Bakar	Jenis Material	
1	Temperatur tinggi	● 45				● 45	5
2	Bentuk yang sesuai	▲ 5	■ 15	● 45		● 45	5
3	Tahan lama		■ 12			● 36	4
4	Kokoh	▲ 3	● 27			● 27	3
5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

Prioritas tertinggi

Interaction Matrix

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*).



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.

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

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

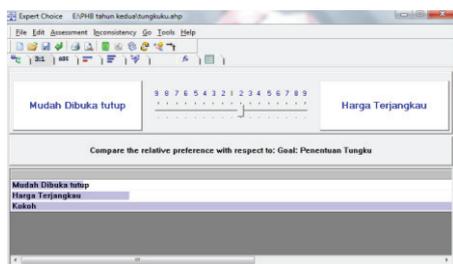
dengan,

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 :

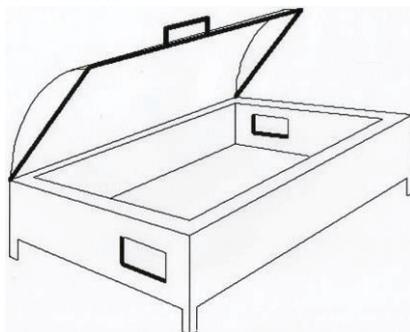


Gambar 1. Pembobotan Mudah Dibuka tutup terhadap Harea Teriangkau

Model model	Preferensi Mudah Dibuka tutup (R: 1,13)	Preferensi Harga Terjangkau (R: 1,78)	Preferensi Kekok (R: 7,98)
Alternatif 1	100	354	218
Alternatif 2	354	100	352
Alternatif 3	1.000	1.000	1.000

Gambar 2. Hasil Total Penilaian Tungku

Model Tungku Pelebur Limbah Kaca



Gambar 3. Model 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

Produk 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

4. Kesimpulan

Dari hasil kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan memberikan kesimpulan :

- Kowi yang digunakan untuk peleburan limbah kaca tidak sama dengan kowi yang biasa digunakan untuk melebur logam.
- 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 kowi menjadi spesifik dan model tungku juga akan berbeda dengan tungku peleburan logam.
- Dari hasil rancangan QFD maka kowi yang sesuai adalah dengan perbandingan $\text{Ø} : h = 3 : 1$.
- 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.

5. Daftar Referensi

- [1] Cohen, Lou, 1995, *Quality Function Deployment "How To Make QFD Work For You"*, Addison-Wesley Publishing Company One Jacob Way.
- [2] Khoo L.P. and Ho N.C. (1996). "Framework of a fuzzy quality function deployment system". *International Journal of Production Research*, vol. 34, No.2, pp. 299-311.
- [3] Mizuno, Shigeru & Akao, Yoji, 1994, *QFD: The Customer Driven Approach to Quality Planning and Deployment*, Asian Productivity Organization, Hongkong.
- [4] Saaty, T. L. 1988. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority, Setting, Resource Allocation*, University of Pittsburgh, USA.
- [5] 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 Gambang – Jombang)*, Tesis, ITN, Malang.
- [6] Tamara, Priscilla, 2012, *IbM Perancangan dan Pembuatan Alat Pelebur dan Pencetak Limbah Kaca Dalam Rangka Pengabdian Kepada Masyarakat Di APMA Jombang, DitLitabmas*.
- [7] Widodo, Imam Djati, 2005, *Perencanaan dan Pengembangan Produk*, UII Press, Yogyakarta.