

## Perancangan Kowi Peleburan Limbah Kaca Dengan Metode QDF dan AHP

Priscilla Tamara<sup>1</sup>, Peniel I. Gultom<sup>2</sup>, Sanny Andjar Sari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Industri DIII ITN Malang, <sup>2</sup>Teknik Mesin DIII ITN Malang, <sup>3</sup>Teknik Industri DIII ITN Malang  
e-mail:<sup>1</sup>[pritz\\_tam@yahoo.com](mailto:pritz_tam@yahoo.com), <sup>2</sup>[peniel\\_immanuel@yahoo.com](mailto:peniel_immanuel@yahoo.com), <sup>3</sup>[sannysari@yahoo.com](mailto:sannysari@yahoo.com)

### ABSTRAK

Sejak dirintisnya usaha pembuatan manik-manik dari limbah kaca di sentra industri manik-manik kaca desa Plumbon-Gambang pada tahun 1977 dalam perkembangannya sekarang kemampuan produksi dan desain manik-manik sudah mencapai titik optimal dengan kondisi peralatan dan fasilitas kerja yang ada saat ini. Namun masih dimungkinkan untuk menaikkan jumlah produksi dan pengembangan desain dengan mengadakan perbaikan pada rancang bangun fasilitas kerja, terutama pada proses peleburan limbah kaca. Saat ini proses peleburan limbah kaca dilakukan secara tradisional menggunakan kowi (*crucible*) tembikar, api dari brander ditembakkan langsung ke arah limbah kaca tersebut hingga meleleh berbentuk seperti gulali. Gulali kaca tersebut dilengketkan pada sebatang besi kemudian ujungnya ditarik hingga membentuk batangan kaca berwarna sepanjang  $\pm 1$  meter. Proses peleburan ini menghabiskan waktu sangat lama disebabkan kapasitas yang sangat terbatas.

Dari tungku hasil pengabdian yang dilakukan oleh peneliti ditemukan bahwa kowi (*crucible*) dapat bertahan lama jika menggunakan kowi impor (salamander). Namun harga kowi impor jauh lebih mahal dibandingkan kowi lokal (grafit). Hingga sejauh ini belum ada kowi lokal yang mempunyai karakteristik khusus peleburan kaca untuk skala industri kecil yaitu kuat, tahan lama, tahan hingga suhu  $1600^{\circ}\text{C}$ . Dengan menggunakan metode QFD (Quality Function Deployment), ditemukan bahwa karakteristik kowi untuk peleburan limbah kaca adalah tahan terhadap suhu tinggi ( $\leq 1600^{\circ}\text{C}$ ), kuat, harganya terjangkau dan memiliki penampang yang cukup lebar dengan kedalaman disesuaikan yaitu 3 : 1. Dari analisis AHP (*Analitycal Hierarchy Process*) yang berdasarkan sertifikat hasil uji yang dilakukan di Balai Besar Keramik (BBK) Bandung diperoleh hasil bahwa Kowi alternatif 3 merupakan produk akhir yang terpilih.

**Kata kunci:** Kowi, Peleburan Limbah Kaca, QFD, AHP

### ABSTRACT

*The manufacture of glass waste beads in small industrial center of glass bead in Plumbon Gambang village since 1977 in its development, design and production of beads have reached the optimal point with the condition of equipment and facilities that exist today. However, it is still possible to raise the amount of production and the development of design, to make improvement on the working facilities design, especially in the smelting process of waste glass. Currently the smelting process of glass waste is traditionally done by using pottery crucible, fire from brander were fired directly into the glass waste until melt like candyfloss. The candyfloss glass affixed to the iron instrument and then the tip is pulled to form a colored glass rods along the  $\pm 1$  m. The smelting process spent a very long time due to the very limited capacity.*

*From furnace of devotion results conducted by researcher was found that crucible can last a long time if using imported crucible (salamander). But the price of imported crucible much more expensive than local crucible (graphite). So far there has been no local crucible having special characteristics of the glass melting for small-scale industries that is strong, durable, resistant to high temperatures ( $\leq 1600^{\circ}\text{C}$ ). By using QFD (Quality Function Deployment), was found that the characteristics of the crucible for smelting glass waste is resistant to high temperatures ( $\leq 1600^{\circ}\text{C}$ ), strong, affordable price and has a fairly wide cross-section with adjustable depth is 3: 1. From the analysis of AHP (Analytical Hierarchy Process), based on the certificate of test results from Balai Besar Keramik (BBK) Bandung, the result is crucible of alternative 3 is the end product that is chosen.*

**Keywords:** Crucible, Smelting Glass Waste, QFD, AHP

---

## Pendahuluan

Sejak dirintisnya usaha berupa teknik pembuatan manik-manik dari limbah kaca di desa Plumbon-Gambang pada tahun 1977 dalam perkembangannya sekarang kemampuan produksi dan desain manik-manik yang dikerjakan pengrajin sudah mencapai titik optimal dan sulit untuk bisa ditingkatkan kemampuannya dengan kondisi peralatan dan fasilitas kerja yang ada saat ini karena metode pengolahan kaca yang bisa dilakukan hanya dengan metode tarik saja. Namun berdasarkan survey ditemukan bahwa masih dimungkinkan untuk menaikkan jumlah produksi dan pengembangan desain manik-manik kaca tersebut dengan mengadakan perbaikan pada rancang bangun fasilitas kerja yang membuat para pengrajin lebih nyaman, tidak cepat lelah dan mengurangi panas yang menerpa tubuh pengrajin serta dapat lebih mengembangkan desain pada produknya. Perbaikan fasilitas kerja ini terutama pada proses peleburan limbah kaca yaitu dari bahan mentah (limbah kaca) menjadi bahan baku manik-manik (batangan kaca).

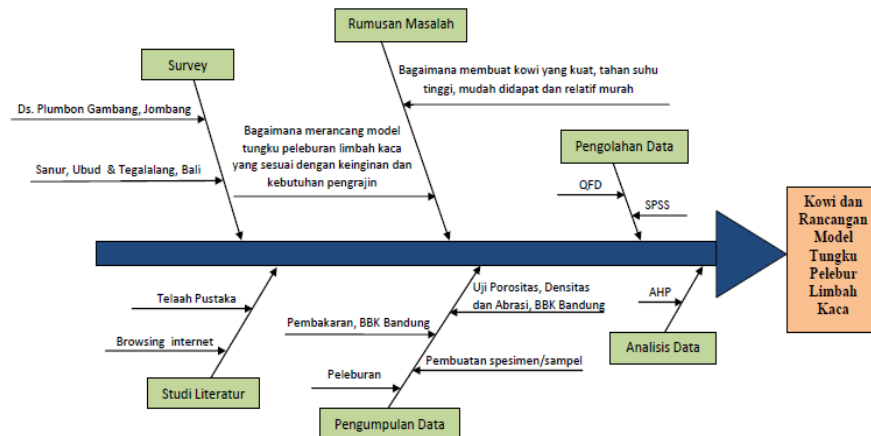
Saat ini proses peleburan limbah kaca dilakukan secara tradisional dengan kapasitas peleburan yang sangat sedikit. Proses peleburan limbah kaca tersebut adalah yang pertama limbah kaca sebanyak 1 – 2 kg diletakkan dalam kowi (*crucible*) tembikar dan diberi pewarna kimia yang berupa butiran pewarna, kemudian dengan menggunakan kompor berbahan bakar LPG - disebut *brander* – api ditembakkan langsung ke arah limbah kaca tersebut hingga meleleh berbentuk seperti gulali (panas yang dibutuhkan 400° C - 500° C). Gulali kaca tersebut dilengketkan pada sebatang besi kemudian ujungnya ditarik dengan menggunakan semacam tang hingga membentuk batangan-batangan kaca berwarna sepanjang ± 1 meter. Proses peleburan ini menghabiskan waktu sangat lama disebabkan kapasitas yang sangat terbatas.

Dari tungku hasil pengabdian yang dilakukan oleh peneliti ditemukan bahwa kowi (*crucible*) dapat bertahan lama jika menggunakan kowi impor (salamander) sedangkan jika menggunakan kowi lokal (grafit) hanya dapat bertahan maksimal 10 kali peleburan dengan perlakuan halus dan 5 kali peleburan dengan perlakuan kasar. Kendalanya adalah harga kowi impor jauh lebih mahal dibandingkan kowi lokal. Hingga sejauh ini belum ada kowi lokal yang mempunyai karakteristik khusus peleburan kaca untuk skala industri kecil yaitu kuat dan tahan hingga suhu 1600°C.

Kendala lain yang terjadi di sentra industri ini adalah sulitnya mendapatkan limbah kaca putih yang sangat dibutuhkan sebagai bahan dasar manik-manik berwarna. Selain sulit mendapatkan limbah kaca putih tersebut harga pasarannya belakangan ini terus meningkat. Sehingga para pengrajin mempunyai keinginan untuk membuat kaca putih sendiri berbekal pelatihan yang telah diikuti. Namun untuk membuat kaca putih tersebut sangat membutuhkan tungku peleburan yang memadai untuk mencairkan limbah kaca.

Pada penelitian tahun pertama ini tujuan yang ingin dicapai adalah membuat kowi yang memenuhi standar karakteristik peleburan limbah kaca yang kuat, tahan suhu tinggi dengan harga terjangkau. Kemudian pada penelitian tahun kedua membuat tungku pelebur limbah kaca yang sesuai dengan karakteristik peleburan limbah kaca dengan memperhatikan kebutuhan pengrajin manik-manik kaca.

## Metode Penelitian



## Hasil dan Pembahasan

### Limbah Kaca

Limbah kaca adalah salah satu material non organik yang cukup sulit didaur ulang sehingga beberapa proses mendaur ulang kaca yang biasa digunakan adalah :

- Mengolah potongan kaca menjadi sebuah bentuk benda seni yang unik.
- Mengolah potongan kaca kecil-kecil untuk ditempelkan pada suatu material lain hingga menghasilkan benda seni tertentu.
- Melebur limbah kaca menjadi benda produk yang dapat dimanfaatkan kembali seperti wadah dan botol daur ulang.
- Melebur limbah kaca untuk menjadi benda seni dan asesoris seperti manik-manik dan elemen interior.

### Peleburan Limbah Kaca di Industri Kecil (UKM)

Selama ini proses peleburan limbah kaca menggunakan berbagai jenis limbah kaca. Namun yang pasti limbah kaca film, *pyrex* dan jenis-jenis *tempered glass* tidak digunakan karena sangat sulit dilebur (harus menggunakan suhu yang sangat tinggi). Sehingga sebelum limbah kaca tersebut diproses terlebih dulu disortir agar tidak saling bercampur sehingga lebih memudahkan proses peleburannya.

Pada industri kecil pengolahan limbah kaca dengan proses peleburan, ada yang menggunakan cara peleburan tradisional ada pula yang sudah menggunakan tungku yang lebih modern. Tentu saja produk yang dihasilkan keduanya berbeda.

Sejak tahun 1977 hingga sekarang para pengrajin masih menggunakan 'tungku' peleburan tradisional yang lama yaitu hanya berupa periuk tembikar sebagai kowi atau wadah limbah kaca yang 'ditembak' api langsung dari brander. Panas yang dihasilkan hanya mencapai suhu 600° C dititik pembakaran.



Gambar 1. Peleburan limbah kaca tradisional dengan kowi tembikar

Pada tahun 2012 tungku hasil hibah pengabdian masyarakat oleh peneliti sudah menggunakan kowi modern dengan 2 macam kowi yaitu kowi impor (salamander) dan kowi lokal (grafit). Namun kedua kowi ini yang sebenarnya diperuntukan peleburan logam masih mahal terutama salamander dan kurang cocok untuk peleburan limbah kaca.



Gambar 2. Kowi Salamander (kiri), Kowi Grafit (kanan)

Tahun 2014 di Ubud, Bali ada pengrajin limbah kaca yang sudah modern. Untuk peleburannya menggunakan tungku penuh dengan kowi besar yang terbuat dari batu tahan api. Kelemahan dari tungku peleburan tersebut adalah kowi tidak rapat sehingga cairan kaca panas merembes kemana-mana, susah dibersihkan bila ingin mengganti dengan bahan baru, dimensi besar dan permanen (tidak dapat dipindah kemana-mana), bila rusak harus diganti secara keseluruhan seperti pada gambar 3 kanan.



Gambar 3. Tungku khusus peleburan kaca (kiri), Perbaikan tungku (kanan)

#### Rancangan QFD (*Quality Function Deployment*) Pengembangan Kowi untuk peleburan limbah kaca

Produktifitas bagi semua industri sangat penting. Salah satu cara meningkatkan produktifitas dengan perancangan sistem kerja yang praktis. Penggunaan kowi untuk

peleburan limbah kaca yang ada masih menggunakan produk luar negeri yang mengakibatkan harga kowi mahal dan bentuknya tidak sesuai dengan karakteristik peleburan limbah kaca. Rancangan yang dikembangkan diharapkan dapat diterima para pengrajin limbah kaca di seantero nusantara.

**STEP 1 – Menentukan Atribut Produk Kowi Peleburan Limbah Kaca**

**Tabel 1. Importance Rating**

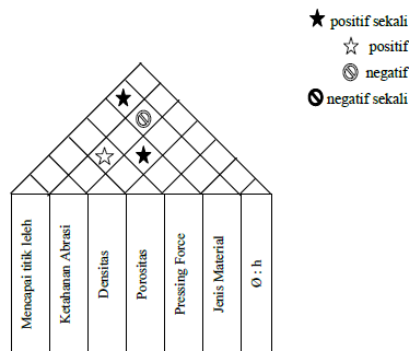
Product Attributes		Relative Importance Index (Weight Factors)
1	Tahan temperatur tinggi	5
2	Bentuk yang sesuai	5
3	Tahan lama	4
4	Kokoh	3
5	Harga terjangkau	3
6	Mudah dibersihkan	2

**Tabel 2. Engineering Characteristics**

Product Attributes	Engineering Characteristics							Relative Imp. Index
	Mencapai titik leleh	Ketahanan Abrasi	Densitas	Porositas	Pressing Force	Jenis Material	Ø : h	
1 Tahan temperatur tinggi								5
2 Bentuk yang sesuai								5
3 Tahan lama								4
4 Kokoh								3
5 Harga terjangkau								3
6 Mudah dibersihkan								2

Product Attributes	Engineering Characteristics							Relative Imp. Index
	Mencapai titik leleh	Ketahanan Abrasi	Densitas	Porositas	Pressing Force	Jenis Material	Ø : h	
1 Tahan temperatur tinggi	● 45						● 45	5
2 Bentuk yang sesuai	▲ 5					● 45	● 45	5
3 Tahan lama		● 36	■ 12	■ 12	● 36	● 36	● 36	4
4 Kokoh	▲ 3	■ 9	● 27	● 27	● 27	● 27	● 27	3
5 Harga terjangkau	● 27						● 27	3
6 Mudah dibersihkan	▲ 2			■ 6			● 18	2
Sum scores	90	47	39	45	108	168	45	532
Priority (%)	15	8,8	7,3	8,5	20,3	33,8	8,5	100%

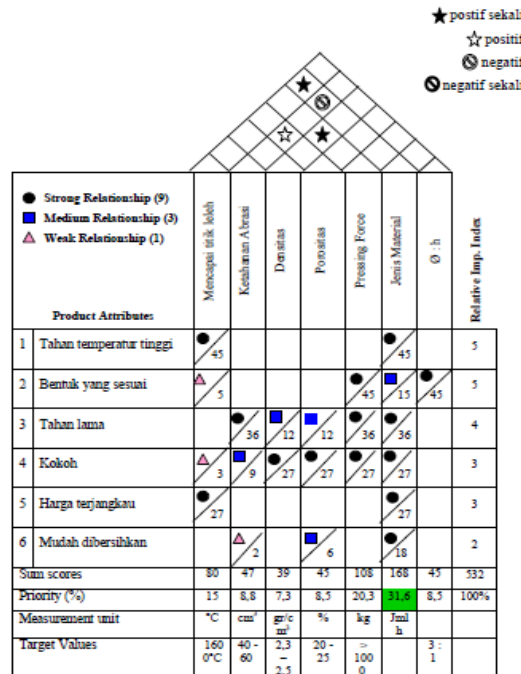
**STEP 4 - Interaction Between Parameters**



STEP 5 - Technical Analysis & Target Values

	Mencapai titik leleh	Ketahanan Abrasi	Densitas	Porositas	Pressing Force	Jenis Material	Ø : h
Measurement unit	°C	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	%	kg	Jmlh	
Target Values	1600°C	40 - 60	2,3 – 2,5	20 - 25	> 1000		3 : 1

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



Dengan menggunakan metode QFD (*Quality Function Deployment*), ditemukan bahwa karakteristik kowi untuk peleburan limbah kaca adalah tahan terhadap suhu tinggi ( $\geq 1400^\circ \text{C}$ ), kuat, harganya terjangkau dan memiliki penampang yang cukup lebar dengan bentuk yang sesuai. Dari penelitian yang telah dilakukan ditentukan satu buah bentuk kowi dari tiga bentuk kowi alternatif yang sesuai dengan karakteristik tersebut seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Kowi Alternatif 3 (terpilih)

**Karakteristik peleburan limbah kaca**

- e. Limbah kaca harus ditembak langsung oleh api tanpa *blower*.
- f. Besaran nyala api dapat ditambah dengan oksigen.
- g. Kowi tidak boleh terlalu dalam agar kaca dapat memperoleh panas yang dibutuhkan secara merata.

- h. Setelah kaca mencair harus terus dibakar selama beberapa jam lagi agar diperoleh hasil yang baik (warna yang diinginkan).
- i. Limbah kaca sangat cepat membeku setelah keluar dari api (peleburan)

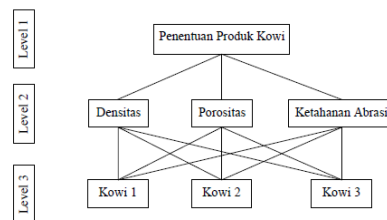
**Pembobotan *Analytic Hierarchy Process* (AHP)**

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*.

**Tabel 3. *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

Syarat penerimaan nilai rasio konsistensi harus kurang dari atau sama dengan 0,10 (Saaty, 1988).



Gambar 5. Penentuan Produk Kowi

**Komposisi Material Kowi**

- Kowi 1 :
  - a. Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 50 %
  - b. Silica (SiO<sub>2</sub>) : 40 %
  - c. Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 10 %
- Kowi 2 :
  - a. Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 50 %
  - b. Silica (SiO<sub>2</sub>) : 30 %
  - c. Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 20 %
- Kowi 3 :
  - a. Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 65 %
  - b. Silica (SiO<sub>2</sub>) : 15 %
  - c. Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 20 %

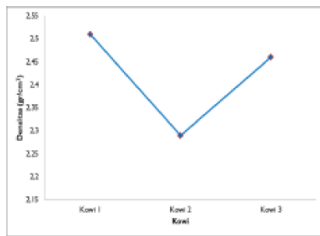
**Hasil Pengujian**

Pengujian kowi sebanyak 9 sampel, masing-masing alternatif kowi dengan komposisi di atas diuji sebanyak 3 sampel, dilakukan di Balai Besar Keramik (BBK)

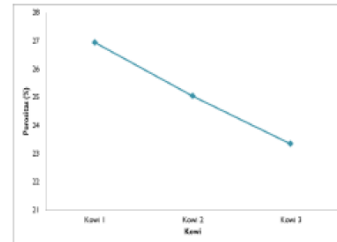


Bandung dengan menggunakan standar SNI. Dari hasil pengujian karakteristik fisik kowi mengalami perubahan yaitu :

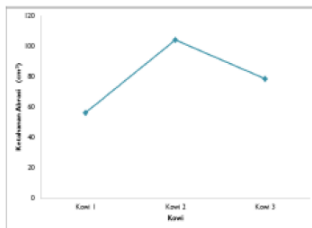
- d. Sebelum dibakar kowi pecah jika jatuh dari ketinggian 1 meter, sesudah dibakar kowi tidak pecah ketika dijatuhkan dari ketinggian yang sama.
  - e. Hasil pembakaran pada dasarnya ketiga alternatif kowi berhasil baik namun pada kowi 1 dan kowi 2 terjadi sedikit pemuaiian sedangkan kowi 3 tetap stabil.
- Maka dari hasil pengujian tersebut dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 6. Densitas Kowi

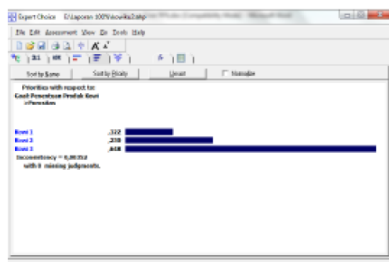


Gambar 7. Porositas Kowi

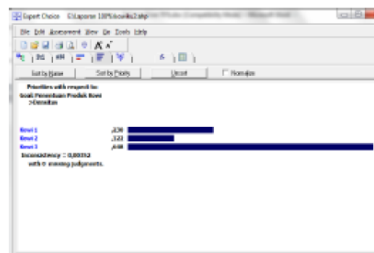


Gambar 8. Ketahanan Abrasi Kowi

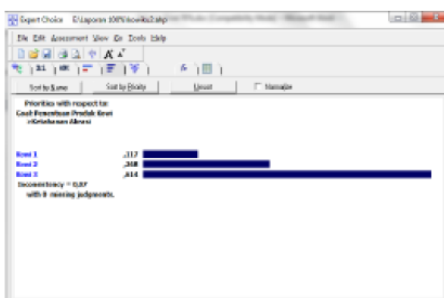
Hasil pengujian tersebut dimasukkan ke dalam *software expert choice* untuk dianalisis dengan AHP, maka tampilannya adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Hasil penilaian konsistensi porositas kowi



Gambar 10. Hasil penilaian konsistensi densitas kowi



Gambar 11. Hasil penilaian konsistensi

Alternatif	Porositas	Densitas	Ketahanan Abrasi
☑ Kowi 1	1.180	0.254	0.131
☑ Kowi 2	0.354	1.180	0.417
☑ Kowi 3	1.808	1.808	1.808

Gambar 12. Hasil total penilaian kowi



K

etahanan abrasi kowi

Dari hasil analisis AHP dengan menggunakan *software Expert Choise* di atas diperoleh bahwa Kowi 3 terpilih sebagai produk akhir.

### Kesimpulan

Dari hasil kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan Tim PHB ITN Malang 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 terpilih kowi Alternatif 3 yang sesuai dengan perbandingan  $\emptyset : h = 3 : 1$ .

Dari hasil analisis AHP maka terpilih kowi 3 yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam peleburan limbah logam, dengan komposisi sebagai berikut :

- Alumina ( $Al_2O_3$ ) : 65 %
- Silica ( $SiO_2$ ) : 15 %
- Besi ( $Fe_2O_3$ ) : 20 %

### Daftar Pustaka

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. Nelson, Glenn C., 1984, *Ceramics*, Fifth Edition, CBS College Publishing, New York.
5. Peterson, Susan, 1999, *The Craft and Art Of Clay*, Third Edition, Laurence King, London.
6. Saaty, T. L. 1988. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority, Setting, Resource Allocation*, University of Pittsburgh, USA.
7. Saaty, T. L. 1993. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik Untuk Pengambilan Keputusan Dalam Situasi Yang Kompleks*, Alih Bahasa: Liana S., PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
8. 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)*, ITN, Malang.
9. Tamara, Priscilla, 2012, *IbM Perancangan Dan Pembuatan Alat Pelebur Dan Pencetak Limbah Kaca Dalam Rangka Pengabdian Kepada Masyarakat Di APMA (Asosiasi Pengusaha Manik-Manik Dan Aksesoris) Jombang*, Ditlitabmas.
10. Widodo, Imam Djati, 2005, *Perencanaan dan Pengembangan Produk*, UII Press, Yogyakarta.