

PERBANDINGAN METODE 2^{k-p} FRACTIONAL FACTORIAL DENGAN METODE TAGUCHI PADA PROSES PEMBUATAN FIBER GLASS

Jani Rahardjo

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri – Universitas Kristen Petra

Suryanata Rahardja

Alumnus Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri – Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Produk *fiber glass* banyak digunakan di dunia industri saat ini. Produk *fiber glass* berkualitas tinggi dibutuhkan suatu komposisi, dimana untuk komposisi yang tepat diperlukan eksperimen. Desain eksperimen 2^{k-p} fractional factorial design dengan metode Taguchi telah digunakan untuk mendapatkan komposisi yang optimal.

Hasil pengujian kekuatan impact dengan bentuk dan pengujian sesuai JIS (*Japanese Industrial Standard*) pada *fiber glass* didapatkan bahwa metode 2^{k-p} fractional factorial design dengan metode Taguchi tidak berbeda.

Kata kunci : 2^{k-p} fractional factorial design, Taguchi, JIS

ABSTRACT

Fiber glass products are widely used in the industry. High quality fiberglass product requires a composition and to obtain the optimal composition, an experiment needs to be done. In this project, experimental designs in 2^{k-p} fractional factorial design and Taguchi method were carried out to obtain the optimal composition.

According to the impact test results based on the model by the JIS (Japanese Industrial Standard) for fiber glass, it was found that the 2^{k-p} fractional factorial design method and Taguchi methods are the same.

Keywords: 2^{k-p} fractional factorial design, Taguchi, JIS

1. PENDAHULUAN

Memasuki era globalisasi dalam segala bidang, kualitas dan efisiensi proses maupun produk sekarang telah menjadi pemikiran utama perusahaan yang sadar akan adanya persaingan ketat dalam dunia industri. Saat ini banyak produk yang menggunakan *fiber glass*. Mutu *fiber glass* ditentukan oleh kekuatannya dalam menerima beban kejut (*impact*). Semakin kuat maka semakin baik mutunya. Pembuatan *fiber glass* yang bermutu sangat tidak mudah. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap kekuatannya antara lain komposisi bahan, lama pencampuran dan cara penuangan ke dalam cetakan. Apabila faktor-faktor tersebut tidak optimal maka biaya yang terjadi seperti biaya bahan baku maupun biaya akibat kerugian mutu akan menjadi lebih besar.

Melihat kondisi di atas maka perlu adanya suatu perancangan eksperimen yang dapat mengoptimalkan faktor-faktor yang ada sehingga dapat meningkatkan mutu *fiber glass* dan menekan biaya.

Terdapat dua metode perancangan eksperimen yang sering kali digunakan untuk mengoptimalkan proses dengan beberapa faktor yaitu metode 2^{k-p} *fractional factorial design* dan metode Taguchi. Kedua metode ini mempunyai keunggulan dan kekurangan sehingga perlu dilakukan studi kasus untuk menerapkan dan membandingkan kedua metode tersebut.

2. METODE 2^{k-p} FRACTIONAL FACTORIAL DESIGN

Seiring dengan bertambahnya *jumlah faktor* dalam rancangan 2^k faktorial maka jumlah percobaan akan meningkat dengan pesat yaitu sebesar 2^k percobaan. Akibatnya rancangan tersebut membutuhkan sumber daya (waktu, biaya, dll) yang jauh lebih besar.

Jika dapat diasumsikan bahwa beberapa interaksi tingkat tinggi dapat dibaurkan maka informasi untuk efek utama dan efek interaksi tingkat rendah dapat diperoleh hanya dengan melakukan sebagian dari rancangan faktorial yang lengkap. Rancangan ini dinamakan *Fractional Factorial Design*.

Ada beberapa resolusi rancangan yang sangat penting yaitu:

- Resolusi III: Merupakan rancangan dimana tidak ada efek utama yang dibaurkan dengan efek utama lainnya, tetapi efek utama dibaurkan dengan interaksi dua faktor dan interaksi dua faktor dapat saling dibaurkan. Contohnya: rancangan 2^{3-1} dengan I = ABC sebagai generator.
- Resolusi IV: Merupakan rancangan dimana tidak ada efek utama yang dibaurkan dengan efek utama lainnya atau dengan interaksi dua faktor, tetapi interaksi dua faktor dapat saling dibaurkan. Contohnya: rancangan 2^{4-1} dengan I = ABCD sebagai generator.
- Resolusi V: Merupakan rancangan dimana tidak ada efek utama atau interaksi dua faktor dibaurkan dengan efek utama atau interaksi dua faktor lainnya tetapi interaksi dua faktor dibaurkan dengan interaksi dua faktor. Contohnya: rancangan 2^{5-1} dengan I = ABCDE sebagai generator.

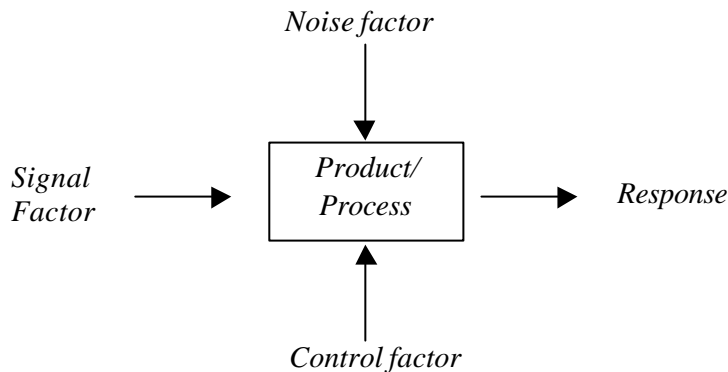
3. PERANCANGAN PARAMETER TAGUCHI

Dalam perancangan parameter Taguchi terdapat dua jenis faktor yaitu:

- Faktor yang dapat dikendalikan (*Controllable factors*).
Faktor ini mudah untuk dikendalikan seperti pemilihan jenis bahan baku, dan kecepatan potong mesin. Faktor ini dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu:
 1. Faktor yang dikendalikan oleh pengguna.
Biasanya disebut sebagai faktor sinyal (*signal factor*). Faktor sinyal membawa maksud dari sudut pandang konsumen ke dalam sistem untuk mencapai kinerja target atau untuk menyatakan output yang diinginkan.
 2. Faktor yang dikendalikan oleh perancang.
Faktor ini terbagi lagi menjadi 3 jenis yaitu:
 - Faktor kendali variabilitas/ faktor pengendali.

- Faktor kendali target.
- Faktor netral.
- Faktor yang tidak dapat dikendalikan (*Uncontrollable/ Noise factors*).
 Pada umumnya faktor ini bertanggung jawab pada karakteristik fungsional produk yang menyimpang dari nilai target.

Signal to Noise Ratio. Rasio ini merupakan komponen yang sangat penting dalam perancangan parameter dan digunakan untuk menentukan kondisi optimal dari perancangan parameter. Gambar 1 menggambarkan hubungan antara faktor sinyal, faktor *noise* dan faktor kendali terhadap respon produk/proses.



Gambar 1. Hubungan antar Faktor dengan Respon

Untuk mengevaluasi ketangguhan sistem maka *Signal to Noise Ratio* (SNR) dapat digunakan dengan rumusan:

Smaller the better:

$$SNR = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

Nominal the best:

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\mathbf{m}^2}{\mathbf{s}^2}$$

$$\mathbf{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2)$$

$$\mathbf{s}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mathbf{m})^2$$

Larger the better:

$$SNR = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (3)$$

dimana:

n = banyaknya cuplikan dalam tiap eksperimen.

y = nilai respon pada cuplikan ke- i .

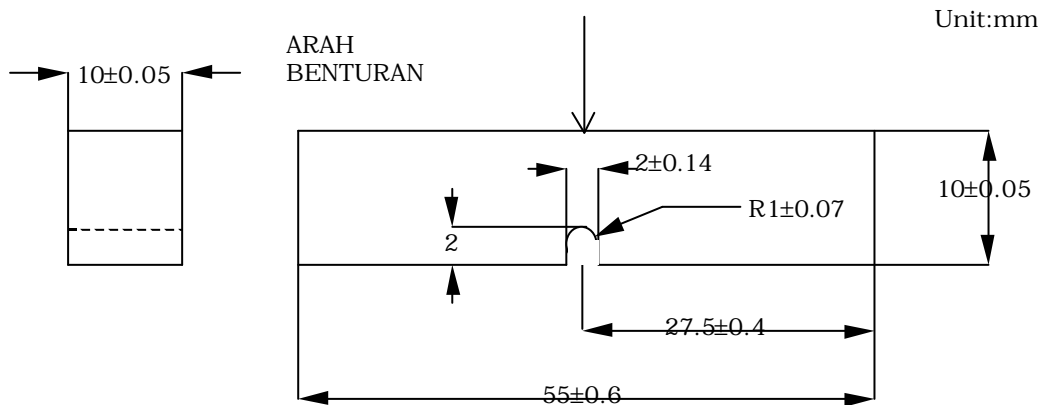
4. PENGOLAHAN DATA

Langkah-langkah dalam melakukan desain eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Penentuan tujuan dari desain eksperimen, yaitu:
Mendapatkan kekuatan optimal dari fiber glass dengan cara mengoptimalkan faktor-faktor yang ada.
2. Pemilihan respon atau karakteristik mutu dan JIS(*Japanese Industrial Standar*).
Dalam hal ini yang digunakan adalah pendapat dan pengalaman dari operator tentang kualitas dari fiberglass yaitu kekuatan impak daripada fiberglass(Joule). Ukuran benda uji yang terlihat pada Gambar 2 merupakan standar industri Jepang (*Japanese Industrial Standard/ JIS*) untuk pengujian beban kejut. Ukuran benda uji haruslah sesuai dengan standar tersebut karena mesin uji telah dirancang sesuai dengan standar JIS.
3. Pemilihan faktor.
Faktor-faktor tersebut pada awalnya didapat dengan cara bertanya kepada orang yang mengerti fiber glass serta dari proses pembuatannya itu sendiri. Faktor-faktor tersebut yaitu : Resin, Cobalt, MMA, Katalis, Lama aduk, Lama tunggu, dan Cara tuang.

Langkah eksperimen desain pada 2^{k-p} *fractional factorial design*:

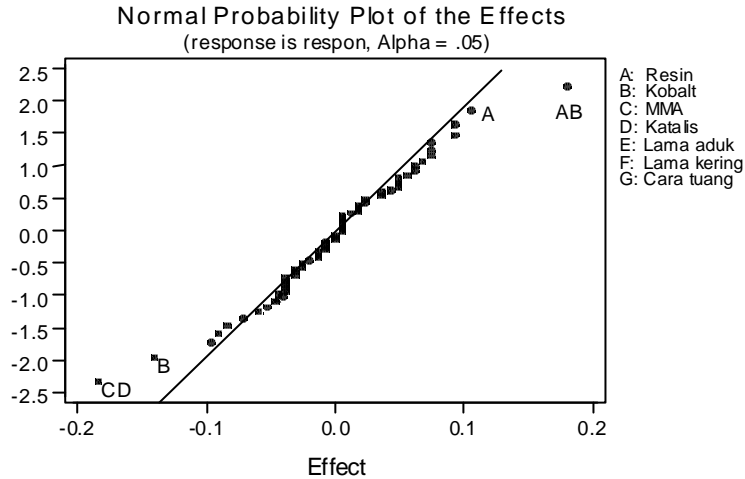
1. Pada *matriks* ini digunakan pengkodean dimana untuk level rendah dikode dengan -1 dan level tinggi dikode dengan 1. Karena merupakan rancangan *fractional* maka efek faktor Cara Tuang akan dibaurkan dengan interaksi 6 faktor yang lain sehingga pembangkit dari rancangan ini yaitu $G = ABCDEF$.
2. Setelah *matriks* eksperimen selesai dirancang maka langkah selanjutnya yaitu melakukan eksperimen sesuai urutan, dimana urutan percobaan dilakukan secara random seperti yang tertera pada kolom *RunOrder*.



Gambar 2. Ukuran Standar Benda Uji Beban Kejut

Prosedur untuk menganalisa 2^{k-p} fractional factorial design yaitu :

1. Mencari efek utama faktor dan interaksi yang berpengaruh terhadap respon.
Untuk mengetahui efek-efek yang berpengaruh terhadap respon dapat dilakukan dengan membuat Plot Probabilitas Normal (Gambar 3) untuk semua efek yang ada. Penyimpangan yang mencolok dari garis normal menunjukkan bahwa efek tersebut berpengaruh terhadap respon.



Gambar 3. Plot Probabilitas Normal Efek Utama dan Efek Interaksi

2. Melakukan pengujian statistik.
Setelah mengetahui efek-efek yang berpengaruh besar terhadap respon maka dilanjutkan dengan membuat Anova (*Analysis of Variance*), untuk mendapatkan efek faktor dan efek interaksi yang signifikan.
3. Menyusun model regresi.
Membuat model regresi berdasarkan efek faktor dan interaksi yang signifikan.
4. Menguji residual.
Pengujian residu harus memenuhi 3 asumsi yaitu : Identik, *Independent*, dan berdistribusi normal $(0, \sigma^2)$.
5. Memerlukan kombinasi faktor yang optimal.
Untuk menentukan level-level faktor yang memaksimalkan kekuatan *impact* fiber glass maka perlu dibuat plot efek utama dan plot efek interaksi antar faktor. Plot interaksi yang akan dibuat hanya untuk efek interaksi yang berpengaruh secara signifikan. Kombinasi faktor yang optimal didapatkan dengan cara meng-kombinasikan plot efek utama dan plot efek interaksi antar faktor.

Langkah-Langkah eksperimen desain pada perancangan Taguchi:

1. Penentuan dari *control*, *noise* dan *signal factors*.
 - *Control Factors* merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi respon dan dapat dikontrol dalam kondisi normal.
 - *Noise Factors* merupakan faktor-faktor yang menyebabkan variasi dalam fungsional *performance* produk/proses. *Noise Factors* ini dapat terbagi menjadi

outer noise factor yang berasal dari luar mesin produksi itu sendiri, contohnya: debu, *performance* dari operator, material yang dipakai, dan lain sebagainya. Sedangkan *inner noise factors* yang berasal dari dalam mesin produksi, contohnya: umur mesin, oksidasi, dan lain sebagainya.

- *Signal Factors* merupakan faktor-faktor yang hanya mempengaruhi *mean performance* proses.

Ketiga jenis faktor ini ditentukan dengan tujuan untuk mengurangi banyaknya faktor yang harus diuji.

2. Penentuan suatu *Orthogonal Array (OA) design*.

Orthogonal Array ini merupakan *desain* dari Taguchi yang dilakukan untuk mengurangi jumlah percobaan yang seharusnya dilakukan dengan metode desain eksperimen konvensional. Penentuan dari *OA* ini bergantung pada jumlah *degrees of freedom* yang dibutuhkan untuk mempelajari *main effect* dan *intersection effect*.

3. Persiapan percobaan yang meliputi penyusunan *uncoded* dan *coded* matriks desain untuk percobaan dan analisa hasilnya.

4. Melakukan percobaan.

Percobaan dilakukan berdasarkan desain *matriks* dan nilai respon yang telah ditabelkan untuk analisa.

5. Analisa statistik dan menyajikan hasil percobaan.

Dengan tujuan untuk mengurangi varian dan membawa *mean respon* mendekati target maka digunakan tabel ANOVA terhadap *mean respon* dan terhadap *Signal to Noise Ratio (SNR)*. SNR adalah ukuran dari *performance* variabilitas proses/produk dengan kehadiran *noise factors*. SNR ini harus dimaksimumkan sehingga dapat meminimumkan efek dari *noise factors*.

Verifikasi Percobaan. Verifikasi percobaan dilakukan dengan membandingkan hasil percobaan kondisi optimal dengan nilai yang diperkirakan dari percobaan verifikasi. Setelah diketahui hasilnya sesuai dan masuk dalam selang kepercayaan maka *setting* optimal tersebut layak untuk digunakan.

5. HASIL PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA PERBANDINGAN

Hasil *setting* faktor optimal yang diperoleh untuk tiap metode dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Setting Faktor Optimal untuk Kedua Metode

Faktor	Metode	
	2^{k-p} Fractional Factorial	Taguchi
Resin	100 cc*	150 cc
Cobalt	1 cc*	1 cc
MMA	1 cc*	1 cc*
Katalis	3 cc*	1 cc
Lama aduk	5 menit	5 menit
Lama tunggu	>5 jam	–
Cara tuang	Gerak	–

Keterangan: tanda * menunjukkan faktor yang signifikan untuk hasil setiap metode.

Untuk mengetahui setting optimal manakah yang lebih baik perlu dilakukan uji statistik. Data didalam Tabel 2 digunakan untuk pengujian tersebut.

Tabel 2. Data Kekuatan Impak hasil Verifikasi

2^{k-p} Fractional Factorial	Taguchi
3	2,4
3,1	2,7
2,9	3,1
2,9	3,1
3	2,5
3	2,9

Dengan pengujian rata-rata dua populasi dan menggunakan taraf signifikansi 5 % dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata kekuatan impak pada hasil verifikasi antara metode *Fractional Factorial* dan metode Taguchi didalam pembuatan *fiberglass*.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dengan metode *Fractional Factorial* dan Taguchi serta analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

- Setting faktor optimal yang diperoleh dari metode *Fractional Factorial* yaitu: Resin 100 cc, Cobalt 1 cc, MMA 1 cc dan Katalis 3 cc. Untuk setting faktor yang lain dapat disesuaikan dengan kebutuhan atau berdasarkan Plot Efek Utama.
- Setting faktor optimal yang diperoleh dari metode Taguchi yaitu: MMA 1 cc. Untuk setting faktor yang lain dapat disesuaikan dengan kebutuhan atau berdasarkan Plot Efek Utama.
- Tidak ada perbedaan mean untuk hasil optimal yang diperoleh dari kedua metode.
- Tidak ada perbedaan penggunaan metode 2^{k-p} fractional factorial design dengan metode Taguchi didalam pembuatan fiberglass, tetapi metode Taguchi lebih menghemat biaya dan waktu daripada metode *Fractional Factorial*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagchi, Tapan P., 1993. *Taguchi Methods Explained Practical Steps to Robust Design*. New Delhi: Prentice Hall.
- Hariyanto, 1996. *Kerajinan dari FiberGlas*. Cet. 1. Surabaya: PT Trubus Agrisarana.
- Japanese Standards Association, 1982. *Guide For Application of JIS Mark*. Standards Dept. AIST, MITI.
- Montgomery, Douglas C., 1997. *Design and Analysis of Experiments*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Phadke, Madhav S., 1989. *Quality Engineering Using Robust Design*. New Jersey: Prentice Hall Inc.

Taguchi, Genichi, 1987. *System of Experimental Design*. Vol. 1 & 2. New York: UNIPUB/ Kraus International Publications.