

PENENTUAN PENGARUH KONDISI LINGKUNGAN TERHADAP PROSES PENGENTALAN RESIN POLYESTER DENGAN METODE TAGUCHI

Aidil Ikhsan, Yesmizarti Muchtiar

Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri – Universitas Bung Hatta Padang

Jl. Gajah Mada No.19, Olo Nanggalo Padang-25143

Telp. (0751) 7054257 Fax (0751) 7051341

Email : aidil_ikhsan@yahoo.com

ABSTRAK

Beberapa decade terakhir, aktivitas riset di area komposit termoplastik bergerak ke arah pengembangan teknik komposit dengan performansi ekonomis dibandingkan dengan performansi tinggi ataupun *advanced* komposit. Polimer telah digunakan secara luas dalam aplikasi teknik karena bobot spesifiknya yang ringan, kekuatan yang baik, dan daya tahan yang lebih baik dari metal. Tidak diragukan lagi, polimer merupakan material yang lebih cocok digunakan untuk bobot yang sensitive tetapi mahal dalam hal biaya. Untuk menurunkan biaya maka harus dirancang proses yang efisien. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh lingkungan terhadap waktu pengentalan resin polyester. Factor lingkungan yang dievaluasi adalah suhu, kelembaban, tekanan dan proses didalam atau diluar ruangan. Dengan menggunakan metode Taguchi, penelitian dapat dilakukan dengan lebih efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa factor yang paling berpengaruh adalah (a) suhu yang meningkatkan waktu pengentalan dengan meningkatkan suhu, (b) interaksi kelembaban dengan tekanan udara yang memperlambat proses pengentalan pada kondisi kelembaban rendah dan (c) tekanan udara yang meningkatkan waktu pengentalan pada kondisi kelembaban rendah.

Kata Kunci: *Fiberglass, Polyester, Metode Taguchi, Orthogonal Array, Noise Faktor*

ABSTRACT

In the few last decades, research activities in the area of thermoplastic composites are shifted to the development of economical-performance engineering composites instead of high-performance or advanced composites. Polymers have widely used in engineering applications because of low specific weight, reasonably good strength and wear resistance as compared to metal. Undoubtedly, they are the most suitable materials for weight sensitive uses but expensive in cost. In order to bring down the cost or decreasing the cost we have to design efficient process. This research aim was evaluated influence of environment to the gel time of resin polyester. The environment factors were temperature, humidity, pressure dan indoor or out door process. By using Taguchi Metode the research can be conduct effisiently. The result pointed out the most effecting factors were (a) temperature that increase the geltime with increase of temperature, (b) interaction of humidity dan air pressure that decrease the proses incondition of low humidity and (c) air pressure increase the geltime in condition of low humidity. We suggest to study more about interaction of humidity dan air pressure due to gel time.

Keywords: *Fiberglass, Polyester, Taguchi Method, Orthogonal Array, Noise Factor*

1. PENDAHULUAN

Beberapa dekade terakhir, penelitian di bidang komposit termoplastik dialihkan ke pengembangan performa ekonomis bukan performa tinggi atau lanjutan komposit

canggih. *Komposit* adalah bahan sejenis plastik yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai produk khususnya untuk konstruksi ringan dan tahan terhadap kondisi cuaca lembab bahkan basah, kekuatan yang cukup baik dan ketahanan aus dibandingkan dengan logam. Komposit adalah bahan yang paling cocok untuk dipergunakan produk bila karakteristik kuat dan ringan diperlukan. Seiring dengan pemanfaatan material komposit dewasa ini semakin berkembang, Penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas mulai dari yang sederhana sampai sektor industri baik industri skala kecil maupun industri skala besar. Harga bahan baku komposit relatif jauh lebih mahal bila dibandingkan dengan besi, sehingga penelitian diarahkan pada peningkatan nilai ekonomis dari komposit. Salah satu cara adalah peningkatan kualitas proses dengan cara merancang proses yang efisien dan menurunkan biaya cacat produksi.

Resin polyester adalah salah satu komposit yang paling banyak digunakan sebagai matrik pengisi fiberglass. Proses produksi dapat dilakukan didalam maupun diluar ruangan. Proses produksi yang baik adalah yang dilakukan di lokasi dengan udara terbuka agar gas sisa reaksi dapat larut dengan udara lingkungan. Proses produksi yang dilakukan dalam ruangan membutuhkan biaya tambahan untuk menjamin kelancaran pertukaran udara. Karena proses produksi dilakukan di udara terbuka maka kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, tekanan udara akan sangat mempengaruhi kecepatan proses produksi. Bila proses produksi dilakukan didalam ruangan maka diperlukan biaya yang cukup besar untuk mengkondisikan ruangan dalam kondisi yang stabil dan sirkulasi udara yang cukup. Untuk mendapatkan biaya proses yang ekonomis umumnya proses produksi dilakukan dilokasi udara terbuka. Sehingga komposisi katalis diatur sesuai kondisi lingkungan untuk mendapatkan waktu proses sesuai kebutuhan. Oleh sebab itu penelitian tentang Pengaruh lingkungan terhadap proses produksi perlu dilakukan agar proses produksi dapat berjalan dengan efisien dan efektif.

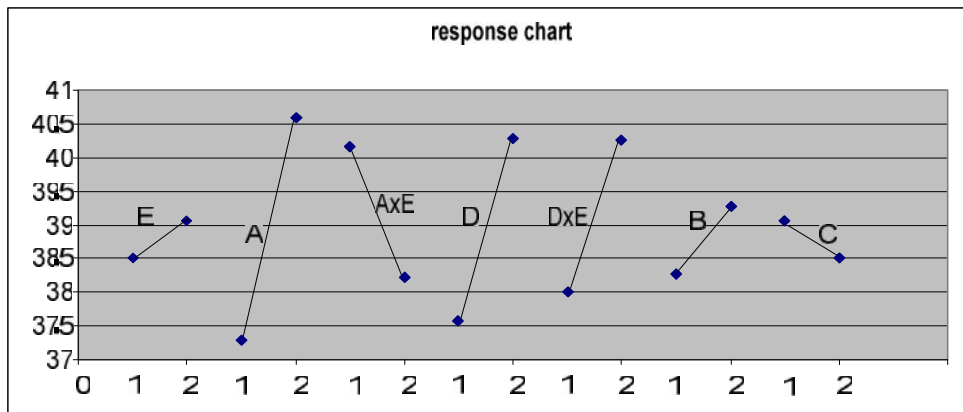
2. TINJAUAN LITERATUR

2.1. Resin Polyester

Resin merupakan bahan pengisi dalam pembuatan Produk *fiberglass*. Selain resin juga digunakan berbagai bahan pencampur untuk mendapatkan karakteristik produk tertentu sesuai fungsi ataupun selera pelanggan. Beberapa bahan pencampur yang biasa digunakan merupakan produk yang terbuat dari beberapa campuran bahan. Diantaranya yaitu thixotropic, pewarna, talc, MMA, kobalt, styrene monomer. Amar Patnaik pada tahun 2010 melakukan evaluasi terhadap pengaruh berbagai bahan pengisi terhadap daya tahan *fiberglass*.

Katalis digunakan sebagai bahan untuk mempercepat perubahan dari fasa cair menjadi padat. Penggunaan katalis hanya berkisar antara 1-3 % yang mengakibatkan terjadinya pengentalan dalam waktu 5 -60 menit tergantung kepada komposisi dan bahan pencampur lainnya dan kondisi lingkungan. Pengaruh bahan pencampur telah diteliti yang memperlihatkan bahwa masing masing bahan berpengaruh secara berbeda. Konsistensi dari hasil juga ditentukan oleh kondisi lingkungan, oleh karena itu sangat perlu untuk mengetahui *noise* yang terlibat dalam eksperimen nantinya.

Waktu Pengentalan adalah waktu antara proses pencampuran dengan katalis sampai terjadi perubahan kekentalan bahan dan kemudian mengeras. Lama waktu tersebut dapat bervariasi tergantung pada komposisi bahan yang digunakan , pengaruh lingkungan dan jumlah katalis yang dicampurkan. Akurasi waktu pengentalan sangat menentukan efisiensi dan efektifitas kerja. Pengendalian waktu pengentalan sulit karena sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan ada yang mempercepat dan ada yang memperlambat serta suhu lingkungan dan kelembaban udara yang berubah sepanjang hari (Ikhsan, 2010).



Gambar 1. Pengaruh Bahan Terhadap Waktu Pengentalan
Sumber : Ikhsan (2010)

Keterangan Gambar 1:

- 1 Thixotropic(A)
- 2 Pewarna(B)
- 3 Talc(C)
- 4 MMA(D)
- 5 Styrene Monomer(E)
- 6 Dengan fakto noise adalah suhu 25°C-30°C

Penelitian Ikhsan (2012) dilakukan dengan pendekatan nilai rata rata level didapat Nilai estimasi waktu pengentalan pada suhu lingkungan 30°C dan kelembaban 70. Dengan pengembangan model pada penelitian ini waktu pengentalan dapat diprediksi secara akurat. Pada penelitian ini juga dikembangkan model untuk memprediksi komposisi katalis sebagai faktor kontrol untuk mendapatkan waktu pengentalan yang diinginkan dalam pengerjaan produk. Kondisi lingkungan di usahakan tetap. Selanjutnya perlu dikembangkan penelitian dengan mempertimbangkan perubahan kondisi lingkungan yang sulit dikendalikan. Pengaruh lingkungan yang mempengaruhi tersebut adalah Temperature, Kelembangan, Tekanan dan lokasi di dalam dan di luar ruangan.

Dalam penelitian ini ingin mengukur pengaruh lingkungan terhadap waktu pengentalan resin. Waktu pengentalan adalah waktu yang dibutuhkan setelah resin di campur katalis sampai resin mengental yang diukur dalam kondisi apabila diangkat dengan pengaduk tidak menetes lagi.

2.2. Metode Taguchi

Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk robust terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *robust design*. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. Filosofi Taguchi terhadap kualitas yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.
3. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
4. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode Taguchi merupakan *off-line quality control* artinya pengendalian kualitas yang preventif, sebagai desain produk atau proses sebelum sampai pada produksi di tingkat shop floor. *Off-line quality control* dilakukan pada saat awal dalam *life cycle product* yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk (to get right first time). Kontribusi Taguchi pada kualitas adalah:

1. *Loss Function*

Merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh produsen dan konsumen akibat kualitas yang dihasilkan. Bagi produsen yaitu biaya kualitas sedangkan bagi konsumen adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang jelek.

2. *Orthogonal Array*

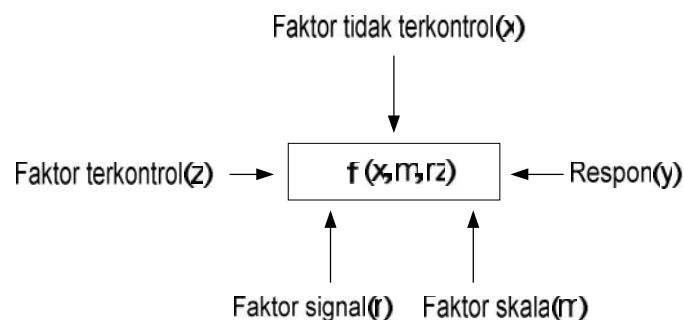
Digunakan untuk merencanakan percobaan secara efisien. Ortogonal array juga digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari orthogonal array terletak pada pemilihan kombinasi level dari faktor-faktor input untuk masing masing eksperimen.

3. *Robustness*

Meminimasi sensitivitas sistem terhadap sumber-sumber variasi.

2.3. Pengaruh Faktor Terhadap Waktu Pengentalan

Hal yang harus diperhatikan adalah faktor tidak terkontrol perlu dipisahkan antara yang dapat diukur dengan yang tidak. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas dari suatu produk *fiberglass* faktor tersebut dikelompokkan menjadi:



Gambar 2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas

Dari gambar diatas dapat dijelaskan :

1. Faktor terkontrol

Faktor terkontrol yaitu parameter-parameter yang nantinya dapat dikontrol oleh ahli rekayasa desain.

2. Faktor tidak terkontrol

Faktor tidak terkontrol adalah parameter yang menjadi penyebab terjadinya variasi (deviasi) karakteristik kualitas dari target. Faktor tidak terkontrol dapat dibagi 2, yaitu : faktor terkontrol yang tidak dapat diukur dan faktor terkontrol yang dapat diukur. Faktor tidak terkontrol ini bisa dikendalikan, tetapi membutuhkan biaya yang sangat tinggi.

3. Faktor signal

Faktor signal adalah parameter-parameter yang berupa sinyal atau merupakan faktor-faktor yang mengubah nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya akan diukur. Jika sinyal konstan disebut karakteristik statis dan jika sinyal mempunyai nilai yang berubah-ubah disebut karakteristik dinamis. Faktor sinyal tidak

ditentukan oleh ahli teknik, tetapi oleh konsumen berdasarkan hasil yang diinginkan.

4. Faktor skala (*adjustment factors*)

Faktor skala adalah faktor yang berupa skala. Faktor ini digunakan untuk mengubah mean level karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor signal dengan karakteristik kualitas. Faktor skala ini sering juga disebut faktor penyesuaian.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada karakteristik kualitas

Pada tahap ini berdasarkan (Ikhsan Aidil, 2010) faktor yang mempengaruhi adalah bahan, karakteristik produk dan lingkungan. Oleh sebab itu pada penelitian tersebut penelitian dilakukan pada suhu antara 25-30°C, pada tempat yang sama agar konsistensi hasil dapat dicapai. Pada penelitian ini faktor lingkungan yang akan divariasikan agar didapat pengaruh dari masing masing faktor lingkungan.

3.2 Pemisahan faktor terkontrol dengan faktor tidak terkontrol

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas dari suatu produk *fiberglass* faktor tersebut dikelompokkan menjadi:

1. Faktor terkontrol yaitu parameter-parameter yang nantinya dapat dikontrol
2. Faktor tidak terkontrol pada penelitian ini adalah suhu, tekanan, kelembaban dan kondisi didalam dan diluar ruangan
3. Faktor skala (*adjustment factors*) adalah komposisi penggunaan katalis
4. faktor response adalah waktu pengentalan

3.3 Penentuan jumlah level dan nilai level faktor

Tabel 1. Level Faktor

NO	NAMA	SATUAN	LEVEL I	LEVEL II
1	Suhu	°C	25	30
2	Kelembaban	%	65	75
3	Ketinggian / Tekanan Udara	m	0	800
4	Lokasi		IN	OUT

3.4 Perhitungan derajat kebebasan

- a. Level faktor : dua level
- b. Jumlah faktor : 4 (A,B,C,D)
- c. Interaksi faktor : AB,AC, BCD
- d. Perhitungan derajat kebebasan:

$$V_f = (\text{Banyaknya faktor}) \times (\text{Banyaknya level} - 1)$$

$$V_f \text{ Faktor} = 4 \times (2-1) = 4$$

$$V_f \text{ Interaksi} = 3 \times (2-1) \times (2-1) = 3$$

Jumlah 4+3 Menjadi 7 derajat kebebasan

3.5 Pemilihan *orthogonal array*

Dalam pemilihan *orthogonal array* haruslah memenuhi pertidaksamaan $V_{in} > V_p$ dengan:

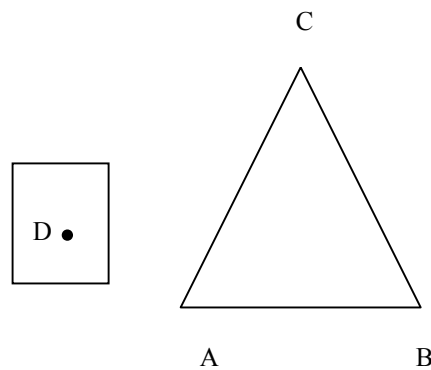
V_{1n} adalah jumlah trial dikurang satu dan
 V_p adalah jumlah total derajat
 Maka ortogonal array yang digunakan adalah $L_8 2^7$

3.6 Penugasan faktor pada *orthogonal array*

Penugasan faktor *orthogonal array* yang dipilih didasarkan pada grafik linear dan tabel triangular. Kedua hal tersebut merupakan alat bantu yang dirancang oleh taguchi. *Graph linear* adalah serangkaian titik-titik dan garis yang bersesuaian dengan kolom-kolom *orthogonal array* yang sesuai. Setiap *graph linear* berhubungan dengan satu *orthogonal array*. Tetapi untuk suatu *orthogonal array* dapat beberapa *graph linear*. *Graph linear* memberikan gambaran informasi faktor dan interaksi sehingga memudahkan untuk memasukkan faktor dan interaksi ke berbagai kolom dari *orthogonal array*.

A : Suhu
 B : Kelembaban
 C : Ketinggian/tekanan udara
 D : Lokasi di dalam atau diluar ruangan

Bentuk linear graph yang cocok adalah:



Gambar 3. linear graph

Tabel 2. *Orthogonal array*. $L_8(2^7)$

Trial	Kolom/Faktor						
	A	B	AXB	C	AXC	BXC	D
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan yang dilakukan, kemudian dimasukkan dalam tabel . terdapat delapan percobaan dengan 4 faktor(A,B,C,D) dan 3 interaksi (AB,AC,BC) dengan 9 replikasi yang nilai rata ratanya ada pada kolom 9

Tabel 3. Hasil Percobaan

Trial	Kolom/Faktor							\bar{y}	
	1	2	3	4	5	6	7		8
	A	B	AXB	C	AXC	BXC	D		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	513
2	1	1	1	2	2	2	2	2	817
3	1	2	2	1	1	2	2	2	1003
4	1	2	2	2	2	1	1	1	730
5	2	1	2	1	2	1	2	2	376
6	2	1	2	2	1	2	1	1	721
7	2	2	1	1	2	2	1	1	359
8	2	2	1	2	1	1	2	2	409

Pengaruh dari faktor dapat di hitung dari rata rata pengaruh masing masing faktor.

Contoh :

Pengaruh faktor A untuk level 1 (perhatikan kolom 2) dapat dihitung dengan menjumlahkan respons (kolom 9)

$$A_1 = \frac{513+817+1003+730}{4} = 766$$

$$A_2 = \frac{376+721+359+409}{4} = 466$$

Dengan cara yang sama pengaruh dari masing masing faktor dapat dilihat pada tabel 4. pengaruh dari faktor suhu pada level 1 (25 °C) adalah 766 detik sedangkan untuk level 2 (30 °C) adalah 466 detik. Selisih dari kedua level dinyatakan sebagai delta.

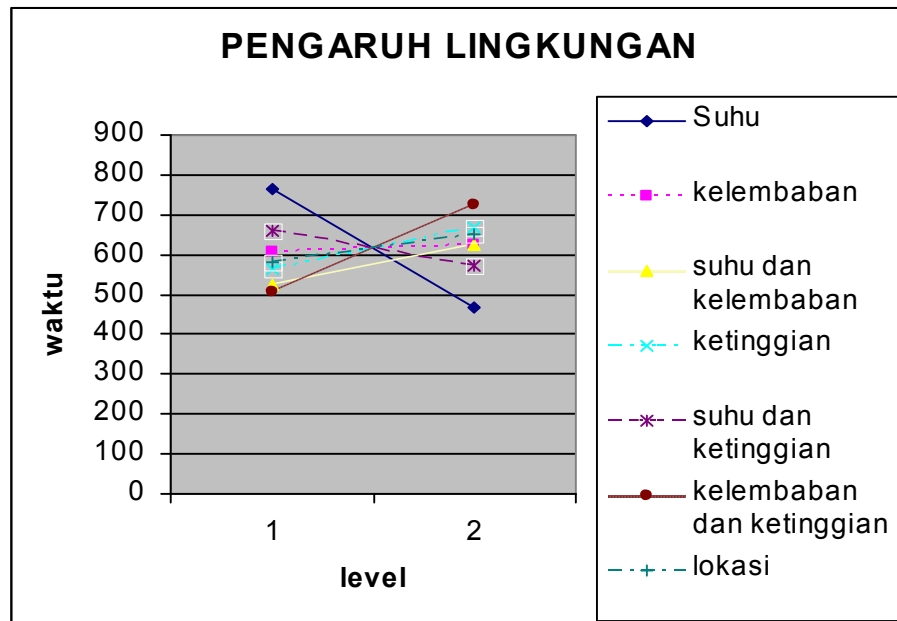
$$\text{delta} = A_1 - A_2 = 766 - 466 = 300$$

Tabel 4. Response Faktor

Response Tabel	A	B	AXB	C	AXC	BXC	D	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
level	1	766	607	525	563	662	507	581
	2	466	625	625	669	570	725	651
Delta		300	18	100	106	92	218	70

Berdasarkan tabel 4, faktor suhu mempengaruhi waktu pengentalan paling besar dan diikuti oleh interaksi antara kelembaban dan ketinggian lokasi. Waktu pengentalan pada suhu 30 °C berselisih 300 detik atau 60% dari waktu pengentalan pada suhu 25 °C. Pengendalian faktor suhu sangat penting untuk dilakukan. Pada satu daerah rentang suhu dalam satu hari bisa berkisar 15 °C sehingga waktu pengentalan bisa mencapai 20 % dari waktu terpanjang pada hari yang sama. Dengan pengaturan proporsi katalis dapat dilakukan pengendalian waktu pengentalan. Berbeda dengan suhu, interaksi peningkatan kelembaban dan ketinggian lokasi dari kelembaban 65% dan ketinggian 0m dengan kelembaban 75% dan ketinggian 800m akan memperlambat waktu pengentalan sebesar 140 %. Pada satu daerah

rentang kelembaban udara dapat berkisar 30 %. Sehingga waktu pengentalan bisa mencapai 274 % dari waktu terpendek pada hari yang sama



Gambar 4. Response Faktor

Berdasarkan tabel response dan grafik response dapat dipahami bahwa faktor suhu sangat berpengaruh mempercepat proses pengentalan dan interaksi antara kelembaban dan ketinggian lokasi sangat berpengaruh memperlambat proses pengentalan. Sehingga perlu di pahami lebih lanjut kontribusi dari faktor kelembaban dan ketinggian lokasi (tekanan udara). Untuk mendapatkan rata rata pengaruh interaksi kelembabam dan ketinggian perhatikan tabel 3 kolom 3 dan 5

$$B1C1 = \frac{513+376}{2} = 445$$

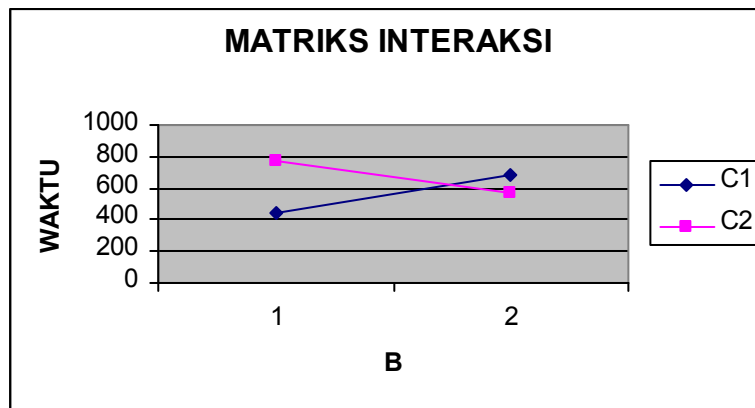
$$B2C1 = \frac{1003+359}{2} = 681$$

Dengan cara yang sama pengaruh faktor interaksi B dan C dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 5. Interaksi Faktor

MATRIKS INTERAKSI

	C1	C2
B1	445	769
B2	681	570



Gambar 5. Interaksi Faktor

Secara visual dapat di pahami bahwa pada daerah yang rendah (tekanan udara tinggi) pengaruh kelembaban memperlambat pengentalan namun didaerah tinggi (tekanan udara rendah) peningkatan kelembaban mempercepat proses pengentalan. Untuk mendapatkan titik baliknya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

5. KESIMPULAN

Faktor lingkungan yang paling berpengaruh pada pengentalan resin adalah suhu. Peningkatan suhu dalam satu hari sebesar 15°C dapat mempercepat proses pengentalan menjadi 20% dari waktu perpanjang dengan komposisi bahan yang sama. Faktor interaksi antara kelembaban dan ketinggian lokasi (tekanan udara) berpengaruh dalam memperlambat proses pengentalan. Keadaan pada ketinggian rendah (tekanan tinggi) kelembaban mempercepat pengentalan. Keadaan pada ketinggian tinggi (tekanan rendah) kelembaban mempercepat pengentalan. Peningkatan kelembaban 30 % dapat memperlambat waktu proses menjadi 2.74%. Untuk meningkatkan kualitas dan produktifitas proses faktor suhu dan kelembaban perlu diperhatikan secara cermat.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan salah satu tulisan dari hasil penelitian tim dengan judul “Metoda Penentuan Komposisi Faktor Kontrol Dalam Mengatur Waktu Pengentalan Resin Polyester Dengan Variasi Produk Dan Lingkungan Yang Dinamis Pada Proses Pembuatan Produk Produk *Fiberglass*. Tim peneliti telah memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karenanya dengan segala kerendahan hati tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M selaku penyandang dana, Kopertis wilayah X selaku pengelola DIPA, Prof. Ir Hafrijal Syandri,MS. selaku reviewer internal hibah penelitian, Dr. Elfiondri,M.Hum selaku direktur LPPM Universitas Bung Hatta, Ir. Haryani, MT selaku sekretaris LPPM Universitas Bung Hatta, Dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu

7. DAFTAR PUSTAKA

Amar Patnaik, Alok Satapathy and Sandhyarani Biswas, Effect of Particulate Fillers on Erosion Wear of Glass Polyester Composites; Comparative Study using Taguchi Approach, *Malaysian Polymer Journal*, Vol. 5, No. 2, p 49-68, 2010 Available online at www.fkkksa.utm.my/mpj

- Belavendram, N., 1995. *Quality By Design: Taguchi Technique for Industrial Experimentation*, Prentice Hall International.
- Ikhsan, Aidil, et al. 2010, Screening Experiment Faktor Penentuan Komposisi Bahan Untuk Mendapatkan Waktu Pengeringan Optimal, *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Sains dan Teknologi, Agustus 2010, Universitas Bung Hatta*.
- Ikhsan, Aidil, et al. 2012, Metoda Penentuan Komposisi Faktor Kontrol Dalam Mengatur Waktu Pengentalan Resin Polyester Dengan Variasi Produk Proses Pembuatan Produk Produk *Fiberglass* , *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Sains dan Teknologi, November 2012, Universitas Bung Hatta*.
- Peace Glen Stuart, 1993. *Taguchi Methods*, Addison- Wesley Publishing Company
- Taguchi Geinichi, Chowdhry Subir, Wu Yuin, 2004. *Taguchi's Quality Engineering Handbook*, Wiley&Sons, Inc, Michigan