

## OPTIMASI PRODUK KOMPOSIT POLIMER VACUUM ASSISTED RESIN INFUSION (VARI) MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

### THE PRODUCT OPTIMISATION OF COMPOSITE MADE FROM VACUUM ASSISTED RESIN INFUSION (VARI) POLYMER USING TAGUCHI METHOD

Gunawan Refiadi<sup>1</sup>, Hermawan Judawisastra<sup>2</sup>, Rochim Suratman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Magister Teknik Mesin - Institut Teknologi Bandung

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin - Institut Teknologi Bandung

Email: g4refiadi@gmail.com

Diterima: 18 Oktober 2013

Direvisi: 20 November 2013

Disetujui: 19 Desember 2013

#### ABSTRAK

Keunggulan VARI dibanding hand lay-up tingginya fraksi volume serat, fraksi volume void yang rendah dan kondisi manufaktur FRP yang ramah lingkungan. Kualitas produk VARI ditentukan oleh banyak parameter sehingga optimasinya memerlukan banyak trial dan sampel. Penelitian ini memakai metoda Taguchi dengan hanya melakukan delapan run kombinasi serat penguat *plain weave* dan matrix *polyester resin*. Parameter infusi yang dioptimasi meliputi bentuk penampang *inlet*, aplikasi tekanan, gravitasi, dan media distribusi, kandungan katalis dan solvent. Prosedur penelitian dilakukan menggunakan standar ASTM D-2854, *software image pro analysis*, serta pengukuran variasi tebal dan cacat permukaan sampel. Hasil optimasi Taguchi telah mencapai kriteria *the greater-the better* dan *the lower-the better* dalam bentuk fisik masing-masing berupa peningkatan fraksi volume serat dan penurunan fraksi volume void, cacat permukaan, variasi tebal, serta *racetracking*. Kombinasi parameter optimum yang dicapai adalah tekanan linier, penggunaan distribusi media *chop strand mat*, aplikasi penampang spiral, beda tinggi 15 cm antara permukaan cetakan dan permukaan resin, pemakaian 0,5% berat *methyl ethyl ketone peroxide*, dan 5% berat solven aseton.

**Kata kunci:** VARI, Optimasi, Taguchi, *the greater-the better*, *the lower-the better*

#### ABSTRACT

VARI has been known for superior qualities than hand lay-up not only in higher fiber and lower void volume fractions but also environment friendly manufacturing condition of the FRP composites. Optimization of the VARI's product is determined by many parameters and consequently needs a lot of samples. This research used Taguchi method in reducing the number of samples through only eight runs of plain weave reinforcement and polyester resin matrix. Infusion parameters optimized are inlet area forms, application of pressures, gravitation, and distribution media, the catalyst and solvent contents. Procedures were conducted using ASTM D-2854 standard, image pro analysis software, thickness variation and surface defect measurements. It was found that not only the greater-the-better but also the lower-the-better conditions. Both were found in term of increasing of fiber volume fraction and decreasing of void volume fraction, surface defect, thickness variation, and racetracking. The optimum parameters are the applications of linear pressure, chop strand mat, spiral duct, 15 cm height difference between the resin and the mold surfaces, 0.5% of MEKP catalyst, and 5% of acetone solvent.

**Keywords:** VARI, Optimization, Taguchi, *the greater-the better*, *the lower-the better*

## PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara maritim sangat memerlukan transportasi laut yang ekonomis, memadai dan efisien. Misalnya dalam bentuk *speed boat*. Sayangnya, moda transport yang bisa dipakai keperluan pengamanan teritorial ini masih diimpor. Padahal, aplikasi metode VARI bisa dipakai untuk membuat lambung kapal dari bahan komposit polimer.

VARI skala industri telah diawali Lotus Car Ltd., melalui paten metode SCRIMP (*Seeman Composite Resin Infusion Manufacturing*) [2]. Pada awalnya, Macro (1950) memperkenalkan sebagai keluarga proses *Liquid Molding Composite* [3], yang pertama kali diperkenalkan oleh Seeman Corporation.

Sistem cetakan VARI pada Gambar 1 menggunakan dua cetakan kaku dan fleksibel. Cetakan kaku dipakai untuk menempatkan susunan serat penguat, sedangkan cetakan fleksibel dipakai untuk menutupi cetakan kaku, susunan material, dan sistem saluran resin. Setelah itu, bagian dalam cetakan dibuat vacuum dengan cara mengevakuasi udara dalam cetakan menggunakan pompa vakum. Setelah kondisi ini tercapai, maka resin dialirkan dari penampungannya (*resin bucket*).

Dengan cara ini selama pengerjaan komposit polimer dilakukan pada kondisi ramah lingkungan karena evolusi radikal bebas yang muncul pada saat *curing* terjadi di dalam cetakan tertutup dengan kondisi vakum.

Sebelum melakukan optimasi proses pada penelitian ini, sistem VARI telah dibuat pada penelitian sebelumnya [1]. Hasilnya berupa sistem VARI yang telah mampu menghasilkan produk komposit polimer berbasis *polyester* resin dan serat penguat *fiberglass* WR-400 berupa preform *plain weave*. Percobaan selanjutnya ditujukan untuk mendapatkan parameter sistem yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas optimum.

## BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini percobaan dilakukan mengacu kepada rangkaian parameter sistem VARI yang sebelumnya telah mampu menghasilkan produk komposit polimer [1]. Metode Taguchi dipilih karena mampu merancang percobaan 7 variabel - 2 level parameter dengan ukuran eksperimen yang minimum. Selain itu, metode Taguchi telah berhasil membuktikan

keandalannya dalam pendekatan sistematis disain optimasi dan memperoleh parameter manufaktur [5-11].

Material penyusun komposit polimer pada penelitian ini menggunakan resin *unsaturated polyester* sebagai matriks dan serat penguat Eglass plain weave WR-400 berbentuk tenun. Disain eksperimen dipilih dari matriks metode Taguchi,  $L_8(2)^7$ . Artinya eksperimen dilakukan terhadap tujuh variabel dengan dua level parameter dan ukuran eksperimen delapan sampel. Susunan percobaan beserta disain matriksnya dilihat pada Tabel 1a dan 1b. Adapun dua level parameter untuk ketujuh variabel tersebut adalah :

1. Viskositas resin diwakili dengan penambahan solvent, masing-masing 0% pada level 1 dan 5% pada level 2.
2. Kecepatan aliran infusi, diwakili dengan pemakaian media distribusi *chop stand mat (CSM)* pada level 2 dan tanpa CSM pada level 1.
3. Kecepatan reaksi *curing* diwakili oleh pemakaian 0,5% katalis pada level 1 dan 1,0% di level 2.
4. Mekanisme pemasukan resin ke dalam serat penguat (*impregnasi*) divariasikan dengan aplikasi tekanan konstan pada level 1 dan tekanan peristalsik pada level 2.
5. Pengaruh gaya gravitasi dicoba dengan beda tinggi tabung resin terhadap permukaan cetakan sebesar 10 cm pada level 1 dan 20 cm pada level 2.
6. Cara resin memasuki cetakan divariasikan dengan dimensi dan bentuk saluran masuk berupa penampang lingkaran pada level 1 dan penampang spiral pada level 2.
7. Level 7 pada penelitian ini merupakan *error parameter*.

Percobaan infusi resin ke dalam serat penguat di dalam cetakan melewati saluran masuk dilakukan dengan aplikasi kompresor diafragma. Rentang tekanan vakum yang dipakai adalah -40 s/d -60 cm Hg sesuai dengan kapasitas kompresor dan acuan proses VARI [9, 10].

Waktu infusi yang dipakai untuk adalah hasil percobaan *curing* pada rentang waktu 80-120 menit. Untuk menentukan waktu infusi, pengukuran dilakukan sesaat setelah resin mengisi penuh saluran masuk dan sesaat sebelum resin mengalir susunan *preform*. Proses konsolidasi (kompresor nyala) pada tekanan -60 cmHg dilakukan selama 1 jam dan *curing* dibiarkan pada kondisi tekanan -60 cmHg selama 24 jam.

Pengukuran pola aliran *racetracking* (perbedaan kecepatan aliran resin antara bagian pinggir cetakan dengan bagian tengah cetakan) serta pengukuran cacat permukaan produk dilakukan dengan menggunakan *software image analyzer*. Pengukuran fraksi volume serat dan fraksi volume void,  $V_f$  dan  $V_v$  dilakukan sesuai standar ASTM D-2584 menggunakan tungku *Muffle* dan bantuan timbangan analitik 0,0001 gram.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pola Aliran

Analisis pola aliran dilihat berupa besarnya tingkat *racetracking* yang terjadi. Gambar 2 memperlihatkan besarnya tingkat *racetracking* untuk setiap *run* VARI yang diukur pada menit pertama resin mengalir preform di dalam cetakan berdasarkan pola aliran infusi.

Dapat dipahami pada kondisi resin mengalir di atas permukaan CSM sebelum Memasuki preform, resin mengalami distribusi secara merata terlebih dahulu di arah luas kemudian berlanjut kepada pengisian resin di arah tebal. Berbeda dengan kondisi resin mengalir tanpa bantuan media alir, maka resin dipaksa memasuki susunan *preform* secara langsung. Artinya resin mengalir mengisi volume preform pada arah luas dan arah tebal dalam satu tahap. Hal ini jelas mengganggu kontinuitas aliran. Sehingga diperoleh kecepatan aliran di sisi cetakan jauh lebih tinggi daripada tingkat kecepatan aliran di bagian tengah cetakan.

Analisis *racetracking* Taguchi melalui efek kolom dan ANOVA dapat dilihat pada Tabel 2. Pengaruh parameter infusi yang paling berarti dalam mempengaruhi tingkat *racetracking* adalah media distribusi dengan delta -27,75. Gambar 3 menjelaskan pengaruh parameter infusi terhadap *racetracking* secara grafis. Tampak bahwa seluruh parameter memiliki andil pada fenomena *racetracking*. Seluruh parameter pada gambar-3 memiliki gradien negatif. Artinya, seluruh level 2 pada percobaan memberikan kontribusi positif terhadap penurunan fenomena *racetracking* dan gradien parameter media distribusi adalah yang paling curam.

Tabel 3 menginformasikan adanya efek penambahan media distribusi terhadap penurunan *racetracking* yang ditunjukkan dengan *Fisher test* melalui tabel ANOVA.

Dari seluruh variabel infusi yang dirancang pada matriks percobaan, tampak hanya media

distribusi yang memiliki harga  $F > F_{tabel}$  pada selang kepercayaan 90% yaitu  $F = 3,79$  sedangkan  $F_{tabel} = 3,59$ .

Dari sudut pandang permeabilitas bahan, *racetracking* muncul akibat adanya gradien permeabilitas lokal. Karena itu, penambahan media alir jelas sekali akan mengurangi gradien permeabilitas tersebut, dimana impregnasi berlangsung dengan dua tahap; pada arah bidang dan pada arah tebal. Oleh karenanya, pada preform yang menggunakan media distribusi akan memiliki tingkat *racetracking* yang lebih rendah dibandingkan dengan preform yang *tanpa* memakai media distribusi.

### Pengaruh Parameter Infusi terhadap Kualitas

Kualitas produk VARI yang baik dalam hal ini didefinisikan sebagai komposit polimer dengan fraksi volum *fiber*  $V_f$ , yang optimum diikuti fraksi volum *void*  $V_v$ , variasi tebal, serta presentase cacat muka yang minimum.

Hubungan antara parameter infusi dengan kualitas produk komposit polimer hasil proses VARI berdasarkan hasil rata-rata pengukuran dan perhitungan ditampilkan pada Tabel 3. Secara umum tampak bahwa variabel pemakaian media distribusi mempengaruhi seluruh respons kualitas. Respons kualitas, baik yang positif berupa penurunan *racetracking* maupun yang negatif seperti formasi cacat muka, dikontribusi oleh adanya pemakaian media distribusi.

Selanjutnya respons rata-rata dari ketujuh variabel infusi terhadap kualitas produk yang telah didefinisikan di atas, ditunjukkan pada Gambar 4(a) sampai 4(d).

Gambar 4(a) menunjukkan pengaruh parameter infusi terhadap respons kualitas variasi tebal produk komposit polimer hasil VARI. Pemakaian 5% *solvent* pada level 2 ternyata meningkatkan variasi tebal menjadi 18,85% dibandingkan dengan kondisi tanpa *solvent* pada level 1 yang hanya sebesar 8,73%. Selanjutnya saat preform tanpa pemakaian media distribusi CSM pada level 1 variasi tebalnya mencapai 19,4% sedangkan pada level 2 dimana preformnya memakai media distribusi, variasi tebal hanya menjadi 8,18%. Dari kedua pengaruh variabel *solvent* dan media distribusi tersebut dapat dilihat bahwa variasi tebal produk hasil VARI pada penelitian ini akan menurun apabila resin tidak menggunakan pengencer (0% *solvent*) dan susunan serat penguat memakai 1 layer media distribusi.

Gambar 4(b) menunjukkan pengaruh parameter infusi terhadap formasi cacat muka produk komposit polimer. Pemakaian media distribusi ternyata memberikan pengaruh pada peningkatan presentase cacat muka. Jika pada preform level 1 (tanpa media distribusi) cacat muka hanya sebesar 0,34% maka ketika preform diberi 1 layer media distribusi (pada level 2), maka presentase cacat muka menjadi 0,9%. Meskipun demikian, kenaikan presentase cacat muka masih dibawah 1%. Dapat dikatakan bahwa pengaruh media distribusi terhadap formasi cacat permukaan tidak terlalu signifikan.

Selanjutnya Gambar 4(c) menunjukkan hasil percobaan pengaruh parameter infusi terhadap perolehan fraksi volume serat,  $V_f$  pada komposit polimer hasil VARI. Pengaruh signifikan dalam perolehan  $V_f$  adalah pemakaian media distribusi *chop strand mat* (CSM). Dalam hal ini media distribusi merupakan material yang sejenis dengan preform *plain weave* WR-400 yang dipakai sebagai serat penguat yaitu jenis *E-glass*. Peningkatan  $V_f$  mencapai 6,28% yaitu dari level 1 tanpa CSM sebesar 51,50%  $V_f$  menjadi 56,78% pada level 2 ketika 1 layer CSM ditambahkan dalam susunan preform. Selain itu, pemakaian solvent pada level 2 sebanyak 5% yang dicampurkan terhadap *polyester* resin tampak memberikan pengaruh pula pada peningkatan harga  $V_f$  sebesar 0,97%. Hal ini dapat dipahami karena dengan bertambahnya *solvent*, maka konsolidasi resin pada susunan preform akan bertambah baik. Artinya, resin berlebih hasil impregnasi masih dapat berkurang saat sistem melakukan proses konsolidasi dan hal inilah yang akhirnya menghasilkan peningkatan  $V_f$  pada produk komposit polimer VARI.

Fraksi volum void  $V_v$  juga merupakan kriteria kualitas. Dimana keberadaan void dalam susunan matriks penguat dan serat penguat dapat menurunkan kekuatan komposit polimer. Pada grafik respons kualitas tampak bahwa pemakaian 1 layer media distribusi pada level 2 telah dapat menurunkan fraksi volum void dari 0,68% menjadi 0,58%. Demikian pula aplikasi tekanan peristaltik sistem pada level 2 dapat menurunkan fraksi volum void dari 0,68% menjadi 0,58%. Hasil akhir dari analisis menggunakan ANOVA memberikan setting parameter infusi berikut untuk dapat menghasilkan kualitas produk optimum, yaitu: pemakaian media distribusi, tekanan linear, 0,5% katalis, diikuti tinggi muka cairan yang rendah dan penampang saluran masuk resin berbentuk lingkaran.

### Konfirmasi Kualitas

Tabel 4 menunjukkan data hasil pengukuran kualitas produk VARI. Pada tabel dirangkum tingkat kategori kualitas hasil percobaan setiap Run yang disetting berdasarkan hasil disain matriks Taguchi. Tabel 4 ini merupakan dasar untuk melakukan normalisasi kualitas yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5. Kemudian untuk memudahkan penilaian, hasil normalisasi kualitas Tabel 5 diplot pada Gambar 5.

### KESIMPULAN

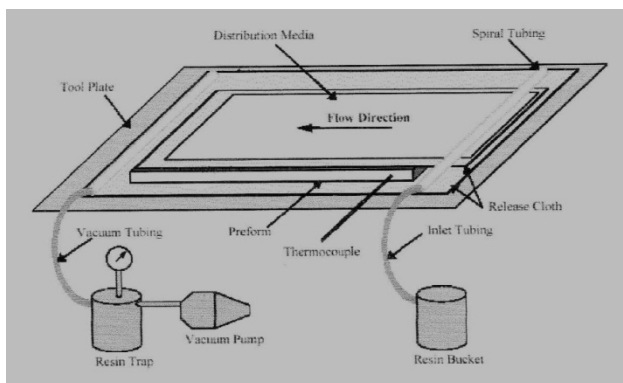
Dari hasil analisis pengaruh parameter infusi, ditemukan bahwa variabel media distribusi (CSM) sangat memegang peranan penting dalam pencapaian kualitas produk komposit polimer VARI. Tercatat bahwa run yang menggunakan CSM pada *preformnya* memiliki pola aliran yang lebih baik. Demikian pula pada peningkatan fraksi volume serat, serta penurunan fraksi volume void dan penurunan variasi tebal produk. Sedangkan pengaruh negatif dari pemakaian media distribusi adalah adanya peningkatan presentase cacat permukaan.

Hasil optimasi dengan menggunakan metode Taguchi telah memberikan parameter infusi yang lebih baik (Run 3) dari kondisi awalnya (Run 2). Hasil yang diperoleh adalah penurunan variasi tebal dan cacat permukaan. Sedangkan formasi void dan fraksi volum serat dianggap homogen. Kombinasi parameter optimum yang dicapai adalah tekanan linier, penggunaan distribusi media *chop strand mat*, aplikasi penampang spiral, beda tinggi 15 cm antara permukaan cetakan dan permukaan resin, pemakaian 0,5% berat *methyl ethyl ketone peroxide*, dan 5% berat solven aseton.

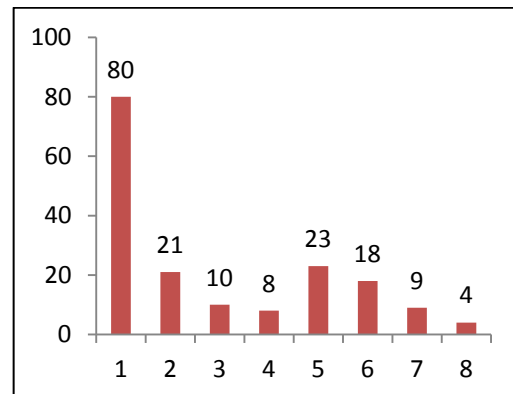
### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Refiadi, G., 2004, "Pembuatan Sistem *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI) dan Pengaruh Parameter Infusi Terhadap Kualitas Produk Komposit Polimer", *Thesis Magister Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung*, Bandung
- [2] Kelkar,AD.,2001,*Low Cost Manufacturing of Textile Composites Using VARTM*, Research report, North Carolina A & T State University, Greensboro, USA, 2-5.

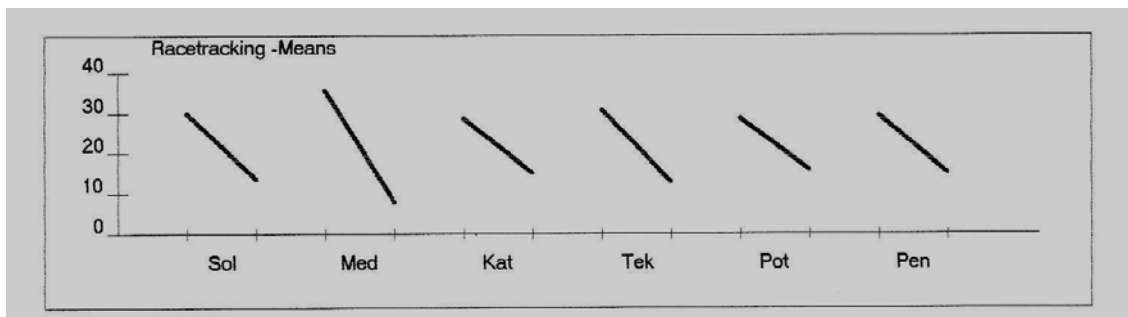
- [3] Composites Technologiën – version 2.2, 2003 Ch. 7 Liquid Composite Molding, ETH Zurich, IMES ST.
- [4] Grimsley, Characterization of the Vacuum Assisted Resin Transfer Molding Process for Fabrication of Aerospace Composites, MSc Thesis – Virginia Polytechnic Institute, 2002.
- [5] Kim, S.J., 2003, Optimization of manufacturing parameters for a brake linings using Taguchi method. *Journal of Material Processing Technology*.
- [6] Peace, G.S., *Taguchi Methods – A Hands on Approach*, Wesley 1993.
- [7] Ross, J., *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, McGraw-Hill 1989.
- [8] Radhikal, et al., 2011, “Tribological Behaviour of Aluminium/Alumina/ Graphite Hybrid Metal Matrix Composite Using Taguchi’s Techniques”, *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, **10**, (5), 427-443
- [9] Kumar, et al., 2011, “Taguchi Technique for the Simultaneous Optimization of Tribological Parameters in Metal Matrix Composite”, *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, **10**, (12), 1179-1188
- [10] Shouvik, et al., 2012, “Wear Behaviour of Al-SiCp Metal Matrix Composites and Optimization Using Taguchi Method and Grey Relational Analysisc ”, *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, **11**, 1085-1094
- [11] Rao, S, et al., 2012, “Application of Taguchi methods and ANOVA in optimization of process parameters for metal removal rate in electrochemical machining of Al/5%SiC composites”, *International Journal of Engineering Research and Applications* **2**, (3), 192-197 Montgomery, D.C., *Design and Analysis of Experiments*, 3<sup>rd</sup> ed. Wiley 1991.
- [12] Gauvin, R., 2000, *Effect of The Fluid on The Compaction Properties of fiber Reinforcements in Composites Processing*, Center for Applied Research on Polymers, Montreal, Canada, 1–8.
- [13] Reference guide to RTM and VIP (a comparison of pressure vs vacuum processing), *CCT Re-Certification Workbook*, Sec.4, Processing Terchnology, CFA 2001, 14 -16 Resoltech SARL, 2003, Infusion Technology, *Technotes.2*, 1–3.



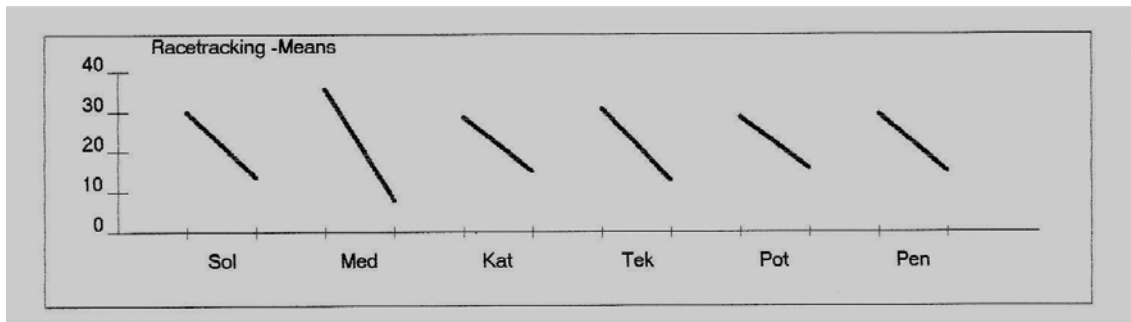
Gambar 1. Skema Sistem VARI (Vacuum Assisted Resin Infusion) [4]



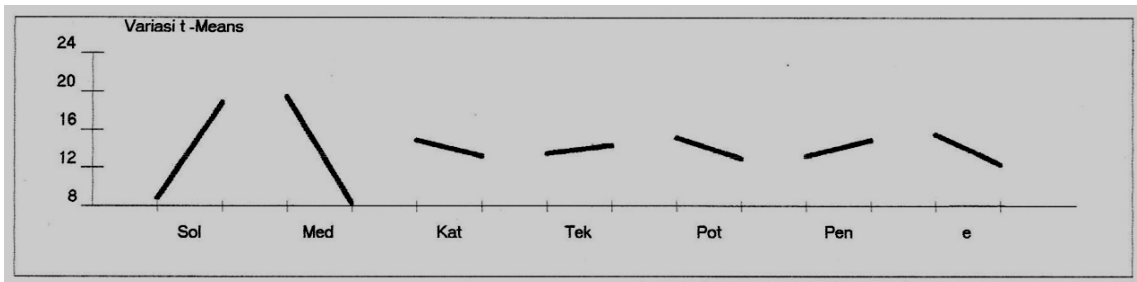
Gambar 2. % Racetracking pada Tiap Run VARI sebagai Fungsi Pemakaian Media Alir



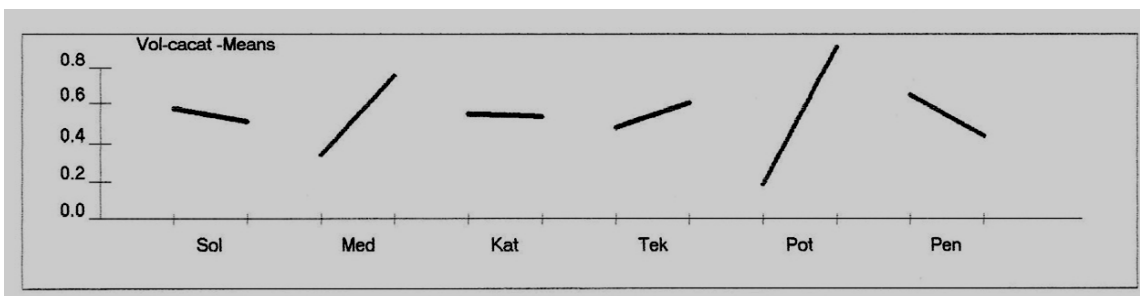
Gambar 3. Grafik respons Kualitas Pengaruh Parameter Infusi terhadap Tingkat Racetracking



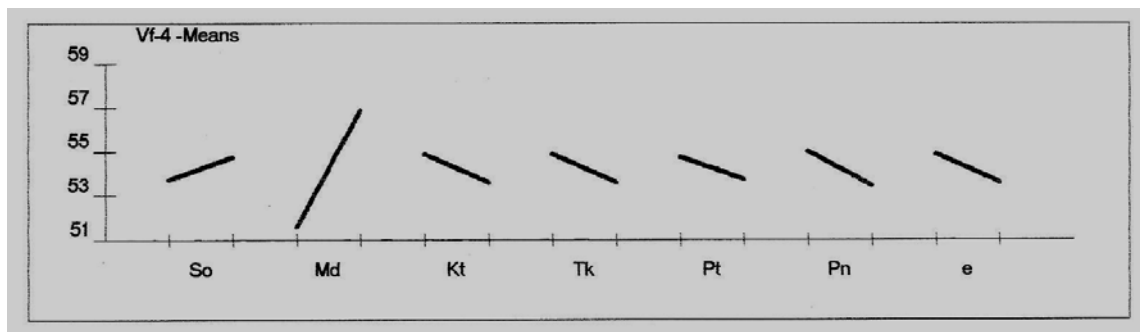
Gambar 3. Grafik respons Kualitas Pengaruh Parameter Infusi terhadap Tingkat *Racetracking*



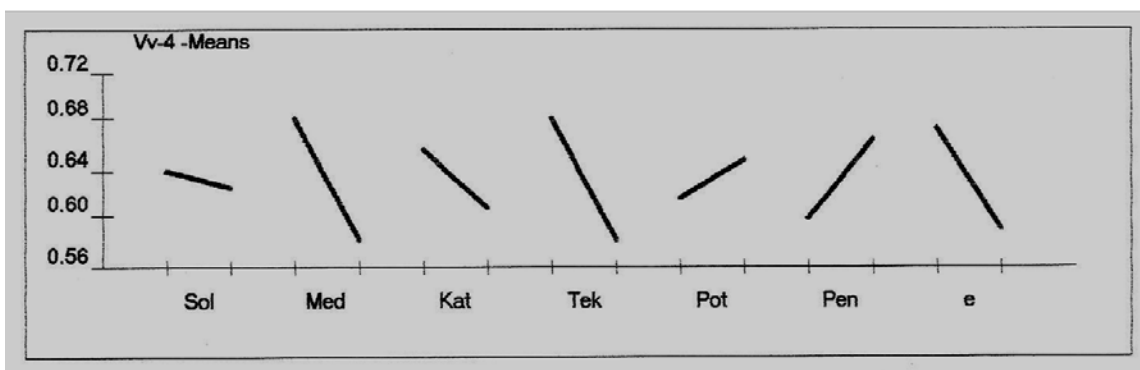
Gambar 4. (a) Grafik Pengaruh Parameter Infusi terhadap Respons Variasi Tebal Produk



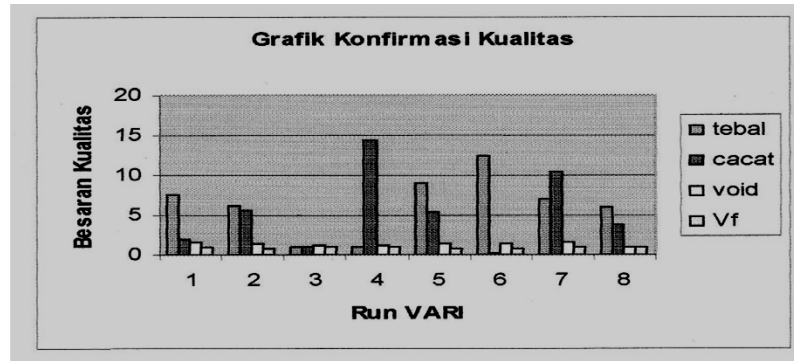
Gambar 4. (b) Grafik Pengaruh Parameter Infusi terhadap Respons Volum Cacat Permukaan



Gambar 4. (c) Grafik Pengaruh Parameter Infusi terhadap Respons Fraksi Volum Serat,  $V_f$



Gambar 4. (d) Grafik Pengaruh Parameter Infusi terhadap Respons Fraksi Volum Serat,  $V_v$



Gambar 5. Grafik Hasil Normalisasi Kualitas Produk Komposit Polimer Proses VARI

Tabel 1a. Disain Matriks Taguchi dan Level Parameter Infus pada 8 Run VARI

No	Faktor	Level 1	Level 2
1	Solvent	0%	5%
2	Media Distribusi	0 layer CSM	1 layer CSM
3	Katalis	1.00%	0.50%
4	Tekanan	Peristaltik	Linear
5	Gravitasi	0 cm	15 cm
6	Inlet	Lingkaran	Spiral

Tabel 1b. Dua Level Parameter Infusi untuk pelaksanaan 8 Run VARI

RUN	Solvent	Media distribusi	Katalis	Tekanan	Gravitasi	Inlet
1	0%	0 layer CSM	1.0%	Peristaltik	0 Cm	Lingkaran
2	0%	0 layer CSM	1.0%	Linear	20 Cm	Spiral
3	0%	1 layer CSM	0.5%	Peristaltik	0 Cm	Spiral
4	0%	1 layer CSM	0.5%	Linear	20 Cm	Lingkaran
5	5.0%	0 layer CSM	0.5%	Peristaltik	20 Cm	Lingkaran
6	5.0%	0 layer CSM	0.5%	Linear	0 Cm	Spiral
7	5.0%	1 layer CSM	1.0%	Peristaltik	20 Cm	Spiral
8	5.0%	1 layer CSM	1.0%	Linear	0 Cm	Lingkaran

Tabel 2. Pengaruh Parameter Infusi terhadap Tingkat Racetracking Rata-Rata [%]

Level	Solvent	Media Distribusi	Katalis	Tekanan	Gravitasi	Inlet
1	29.75	35.50	28.50	30.50	28.00	28.75
2	13.50	7.75	14.75	12.75	15.25	14.50
DELTA	-16.25	-27.75	-13.75	-17.75	-12.75	-14.25

Tabel 3. Pengaruh Parameter Infusi terhadap Tingkat Respon Kualitas Rata-Rata

Respons Kualitas	Level	Parameter Infusi					
		Solvent	Media	Katalis	Tekanan	Gravitasi	Inlet
Variasi Tebal (%)	1	8.73	19.4	14.7	13.43	14.88	12.9
	2	18.85	8.18	12.88	14.15	12.7	14.68
	<b>Delta</b>	<b>10.12</b>	<b>-11.22</b>	-1.82	0.72	-2.18	1.78
Cacat Muka (cm3)	1	0.58	0.34	0.55	0.48	0.18	0.65
	2	0.5	0.75	0.53	0.61	0.9	0.44
	<b>Delta</b>	-0.08	<b>0.41</b>	-0.02	0.13	<b>0.72</b>	-0.21
Fraksi Volume Serat (%)	1	53.65	51.5	54.78	54.83	54.6	54.9
	2	54.62	56.78	53.5	53.45	53.67	53.38
	<b>Delta</b>	0.97	<b>5.28</b>	-1.28	-1.38	-0.93	-1.52
Fraksi Volume Void (%)	1	0.64	0.68	0.66	0.68	0.62	0.6
	2	0.62	0.58	0.61	0.58	0.65	0.67
	<b>Delta</b>	-0.02	<b>-0.1</b>	-0.05	-0.1	0.03	0.07

Tabel 4. Besaran Kualitas Tiap Run VARI

Besaran Kualitas Produk VARI				
Run	Tebal	Cacat	Void	Vf
1	16,7	0,21	0,75	54,2
2	13,8	0,57	0,67	49,1
3	2,2	0,10	0,59	55,4
4	2,2	1,45	0,54	55,9
5	19,6	0,55	0,64	51,7
6	27,5	0,03	0,66	51,0
7	15,2	1,05	0,74	58,0
8	13,1	0,39	0,46	57,8

Tabel 5. Konfirmasi Kualitas Produk Tiap Run VARI

Besaran Kualitas Produk VARI				
Run	Tebal	Cacat	Void	Vf
1	7,591	2,10	1,630	0,934
2	6,273	5,70	1,457	0,847
3	1,000	1,00	1,283	0,955
4	1,000	14,50	1,174	0,964
5	8,909	5,50	1,391	0,891
6	12,500	0,30	1,435	0,879
7	6,909	10,50	1,609	1,000
8	5,955	3,90	1,000	0,997