

PERBAIKAN MUTU PADA PROSES PENGELOLAAN BENTONIT MURNI MENJADI BENTONIT NANO KOMPOSIT DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Ridwan^{1*}

¹Department of Chemical Engineering, Lhokseumawe State Polytechnic, Lhokseumawe City

*Email: ridwan.kimia@yahoo.com

ABSTRAK

Usaha meningkatkan mutu bentonit nanokomposit menemui kendala yaitu cukup tingginya tingkat variasi mutu kekuatan uji tarik yang terjadi, sehingga dibutuhkan suatu penelitian terhadap faktor-faktor yang berpengaruh dan pengaturan komposisi bahan yang ideal untuk meminimalkan variasi mutu tersebut. Untuk menyelesaikan masalah tersebut digunakan metode Taguchi dalam perancangan eksperimen. Kelebihan metode ini ialah mampu meminimalkan akibat dari variasi terhadap respon serta eksperimen dapat dilakukan dengan efisien. Langkah yang dilaksanakan adalah memilih faktor-faktor kendali dan penentuan level - level yang dilanjutkan dengan membuat matriks ortogonal. Analisa data dilakukan berdasarkan pengoptimalan analisa Mean, Anova dan Signal to Noise Ratio (SNR). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa setting level terbaik untuk faktor kendali yang berpengaruh terhadap kestabilan kekuatan uji tarik bentonit nano komposit adalah pada ukuran bentonit 300 mesh pada level 3 dan suhu pemanasan 600C pada level 2.

Keywords: Bentonit, kekuatan uji tarik, nano komposit, Taguchi.

PENDAHULUAN

Tanah liat (bentonit) secara alami berasal dari debu gunung berapi dan batu-batuan dari zaman Cretaceous pada periode 85-12.5 juta tahun yang lalu. Debu-debu yang diterbangkan oleh angin sebagian akan bertaburan di lautan membentuk deposit tanah liat dalam jumlah yang besar dan juga di dalam danau. Hal ini menjadi salah satu opini di kalangan ahli geologis bagaimana terjadi perubahan atau transformasi dari debu vulkanis menjadi tanah liat (clay), bagaimana di dalam tanah liat terkandung unsur-unsur Mg²⁺ dan Na⁺, termasuk proses-proses geologi lainnya yang terus berlangsung selama ribuan tahun (L. A. Utracki, 2004).

Potensi ekonomi terhadap tanah liat (clay) nanokomposit sangat menjanjikan. Pasar potensial untuk industri ini adalah pada industri fiber, resin, plastik dengan produk komposit. Saat ini, sifat mekanik dan ketahanan terhadap panas dari bentonit nanokomposit sangat rendah. Desain eksperimen Taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan suatu penelitian yang melibatkan banyak faktor dan jumlah.

Jamaliah Sharif, dkk (2005) dalam penelitiannya tentang karet yang diperkuat dengan tanah liat nanokomposit menyimpulkan bahwa karet alam/ tanah liat nanokomposit mampu menyatu menjadi satu material baru dengan sistem pelelehan (melt mixing blending

method) dimana produk yang dihasilkan kemudian di radiasi untuk menghasilkan crosslinking yang lebih baik. Material ini juga mampu meningkat dari segi sifat mekanik dan termal dibandingkan dengan sifat asli polimer.

Tsu-Hwang Chuang (2004) dalam penelitiannya melakukan pencampuran antara etilen vinil asetat (EVA) dengan tanah liat nanokomposit, lalu kemudian material komposit tersebut dicampurkan lagi dengan low densiti polietilen (LLDPE) menghasilkan suatu kesimpulan bahwa hanya dengan menambah 5% berat tanah liat nanokomposit mampu meningkatkan kekuatan material dari 12.8 Mpa menjadi 15.4 Mpa.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka peneliti mengolah tanah liat (clay) murni dari Aceh Utara menjadi tanah liat nanokomposit yang dapat menambah nilai jual, dimana sebelumnya tanah liat ini hanya dimanfaatkan untuk industri-industri konstruksi, keramik dan menjadi pelapis untuk material lainnya. Dengan mengolah tanah liat menjadi tanah liat bernanokomposit maka akan dapat dimanfaatkan untuk beragam jenis kebutuhan seperti industri polimer, sehingga masalah pokok yang dirumuskan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruhnya, maka dilakukan pengujian dengan mengisi tanah liat nanokomposit kedalam polimer, pada penelitian

ini dipilih polipropilen (PP) mengingat aplikasi yang sangat luas di dunia industri.

2. Uji karakterisasi yang dilakukan adalah uji morfologi dan uji sifat mekanik.
3. Uji sifat Mekanis berupa uji tarik.
4. Melakukan analisis varians Taguchi untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan statistika dengan menguraikan seluruh variasi atas bagian yang diteliti.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan masalah ini adalah metode penelitian eksperimental dan pengujian dengan menggunakan model, untuk menguji karakterisasi sifat mekanik dari material digunakan standar ASTM D 638 Type V dan perbaikan mutu dengan metode Taguchi.

Bahan Dan alat

Ukuran bentonit (Mesh), yang terbagi atas 100, 200, dan 300 mesh. Suhu pemanasan yang terbagi atas 40,60, dan 80 0 C. Waktu pemanasan yang terbagi atas 40, 60, dan 80 menit. Laju pengadukan yang terbagi atas 2,4,dan 6 rpm. Alat yang digunakan berupa seperangkat alat uji tarik.

Sifat mekanik dari bentonit/PP nanokomposit seperti kekuatan tarik dapat diukur dengan alat uji tarik. Sedangkan fungsi objektif yang dituju adalah Nominal the Best (NTB). Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok pola faktorial suhu, waktu dan laju pengadukan. Setiap faktor terdiri dari empat level dengan pengulangan setiap perlakuan sebanyak tiga kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat penting yang sering digunakan untuk karakteristik polimer. Perubahan karakter bentonit memberikan nilai tambah yang besar yaitu terjadi penguatan dalam hal elongasi dan kekuatan dari nanokomposit.

Pada tahap pengidentifikasian dan pemilihan faktor-faktor yang mungkin berpengaruh terhadap kualitas produk dilakukan brainstorming untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik mutu kekuatan uji tarik dari bentonit nano komposit dan memilih faktor-faktor tersebut untuk digunakan sebagai variabel bebas dari eksperimen.

Dalam penelitian ini faktor- faktor yang teridentifikasi mempengaruhi kekuatan uji tarik adalah ukuran bentonit, suhu pemanasan, waktu pemanasan, dan laju pengadukan. Menentukan

faktor kontrol dan faktor gangguan. Faktor kontrol merupakan faktor yang dapat diatur atau dikendalikan, sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang tidak dapat diatur. Pada penelitian ini semua faktor yang teridentifikasi adalah faktor kontrol. Penentuan jumlah level dan nilai level seperti terlihat pada Tabel 1.

Penentuan jumlah level mempunyai peranan penting karena berkaitan dengan ketelitian hasil percobaan. Pada penelitian ini semua faktor dinyatakan dengan tiga level. Pemilihan Orthogonal Array Pada penelitian ini pemilihan matrik orthogonal array didasarkan pada identifikasi faktor-faktor, jumlah variabel atau faktor dan jumlah nilai level faktor tersebut. Karena jumlah perlakuan tiap faktor ada tiga nilai level maka rancangan orthogonal array yang digunakan adalah orthogonal array tiga level sehingga matrik rancangan yang dipilih dalam penelitian ini adalah L9(3)4 seperti Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah level dan nilai level faktor

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2	Level 3
A	Ukuran bentonit	100 mesh	200 mesh	300 mesh
B	Suhu pemanasan	40 °C	60 °C	80 °C
C	Waktu pemanasan	40 menit	60 menit	80 menit
D	Laju pengadukan	2 rpm	4 rpm	6 rpm

Tabel 2. Matriks Ortogonal L₉ (3⁴)

Eksperimen	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	2
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Penentuan jumlah replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan percobaan dan meningkatkan ketelitian data percobaan. Dalam penelitian ini, replikasi dilakukan

sebanyak tiga kali dengan pertimbangan keterbatasan waktu dan biaya. Tahap Pelaksanaan Eksperimen merupakan tahap pengumpulan data-data hasil eksperimen dari rancangan-rancangan parameter berdasarkan matrik orthogonal array yang telah dipilih. Data hasil eksperimen terhadap karakteristik kekuatan uji tarik dari rancangan-rancangan parameter berdasarkan matrik $L_9(3^4)$ (tiga replikasi) seperti terlihat pada Tabel 2. Setelah pemilihan matriks ortogonal dan penempatan faktor ke dalam matrik dilakukan, berikutnya adalah melakukan percobaan berdasarkan matrik tersebut. Hasil percobaan ini diperoleh dengan cara uji kekuatan tarik terhadap bentonit nano komposit yang sebelumnya dibuat sesuai dengan matriks kombinasi level faktor, untuk memperoleh nilai taksiran yang lebih akurat mengenai efek dari suatu faktor maka dilakukan pengulangan (replikasi). Adapun hasil pengujian selengkapny dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil percobaan Uji tarik bentonit nano komposit

No	Faktor				Kekuatan (MPa)			Jumlah	Rata
	A	B	C	D	1	2	3		
1	1	1	1	1	21,094	21,079	21,041	63,214	21,078
2	1	2	1	2	22,978	22,994	22,981	68,953	22,984
3	1	3	1	3	22,229	22,427	22,282	67,938	22,646
4	2	1	2	1	21,248	21,271	21,272	63,791	21,270
5	2	2	2	1	21,771	21,775	21,786	65,332	21,777
6	2	3	2	1	21,227	21,228	21,229	63,684	21,228
7	3	1	3	1	21,242	21,241	21,242	63,725	21,241
8	3	2	3	1	21,227	21,228	21,229	63,725	21,228
9	3	3	3	1	21,242	21,241	21,242	63,725	21,241
Rata-rata									22,024

Tabel 4. Respon rata rata kekuatan uji tarik bentonit nano komposit dari pengaruh faktor

	A	B	C	D
Level 1	21,771	22,073	21,846	21,978
Level 2	21,827	22,261	22,123	22,239
Level 3	22,479	21,784	22,070	21,867
Rata-rata	21,765	22,073	22,040	22,025
Ranking	1	2	4	3

Pada analisa dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan data serta penyajian data dalam suatu layout tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk eksperimen yang dipilih. Selain itu dilakukan perhitungan dan pengujian data dengan statistik seperti analisis varians, test hipotesa dan penerapan rumus-rumus empiris pada data hasil eksperimen. Untuk mengetahui faktor-faktor apa

saja yang signifikan yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik bentonit nanokomposit diperlukan analisa dan pengolahan data eksperimen dengan menggunakan perhitungan nilai mean dan ditransformasikan ke bentuk rasio S/N dalam tabel analisa varians. Dari Tabel 4, faktor-faktor yang signifikan adalah A, dan B. Sebagai aturan empiris, hanya 2 faktor yang dipilih karena dalam matriks ortogonal $L_9(3^4)$ hanya diambil kira-kira setengah derajat kebebasan sebagai faktor yang penting. Penggabungan faktor sebagai error dimulai dari faktor dengan jumlah kuadrat/Sum of Square (SS) terkecil dari faktor yang tidak signifikan digabung dengan jumlah kuadrat error sampai derajat kebebasan kesalahan sama dengan atau lebih setengah derajat bebas total. Jumlah kuadrat (Sum of Square) terkecil dari faktor yang tidak signifikan yaitu faktor C.

Penggabungan tersebut menyebabkan struktur tabel analisis varians berubah yang merupakan tabel analisis varians rata-rata kekuatan uji tarik bentonit nanokomposit dengan pooling pertama, faktor C digabungkan ke dalam variasi error. Hasil perhitungan persen kontribusi kekuatan uji tarik bentonit nanokomposit dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Persen kontribusi kekuatan uji tarik bentonit nano komposit

Faktor	SS	Df	Mq	FS ²	F%	MS _{error}	MS _{total}
A	1,185	2	0,592	0,003	97,79	12,051	12,290
B	0,701	2	0,350	0,011	10,76	12,051	12,290
C	0,210	2	0,105	0,001	1,00	12,051	12,290
Interaksi	0,017	4	0,004	0,000	0,16	12,051	12,290
S	20,161	8	2,520				
Total	22,274	16					
Error	0,246	4					

Dari Tabel 6, perhitungan kontribusi faktor menunjukkan bahwa faktor A (ukuran bentonit) memberikan kontribusi terbesar terhadap rata-rata kekuatan uji tarik bentonit nano komposit.

Untuk meningkatkan kualitas dan meminimalkan penyebab kegagalan, Taguchi menggunakan suatu fungsi kehilangan kuadrat yang disebut *Signal to Noise Ratio* (SNR). SNR dapat dikatakan sebagai ukuran kinerja sebuah rancangan produk atau proses. Data ditransformasikan ke dalam bentuk S/N untuk mencari faktor yang berpengaruh pada variasi karakteristik kualitas dimana S/N untuk karakteristik kualitas semakin besar semakin baik (*larger the better*) adalah:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \frac{1}{y_i^2} \right)$$

Dimana

Y_i = nilai kekuatan uji tarik bentonit nanokomposit hasil pengamatan

n= jumlah replikasi (pengulangan)

Hasil selengkapnya mengenai perhitungan S/N dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan kekuatan uji tarik Rasio S/N

Eksperimen	Faktor				Replikasi (R)			S/N
	A	B	C	D	1	2	3	
1	1	1	1	1	20,043	24,378	26,220	26,744
2	1	2	1	1	21,979	24,190	24,766	26,482
3	1	3	1	1	20,020	24,097	24,790	26,138
4	2	1	2	1	21,766	21,374	21,793	24,794
5	2	2	1	2	21,771	22,385	22,784	27,291
6	2	3	1	1	21,225	21,120	21,126	26,056
7	3	1	3	2	24,543	24,317	25,283	28,075
8	3	2	1	3	25,022	24,246	25,616	27,389
9	3	3	1	1	24,246	27,016	26,548	27,389
Rata-rata								26,845

Tabel 8. Respon Rasio S/N kekuatan uji tarik bentonit nano komposit

	A	B	C	D
Level1	26,346	26,858	26,794	26,830
Level2	26,716	26,927	26,885	26,908
Level3	27,413	26,750	26,861	26,782
Ranking	1	2	4	3

Tabel 9. Persen kontribusi kekuatan uji tarik bentonit nanokomposit

	SS	PE	MS	DF	F	hitung	F tabel
A	1,783	2	0,891	1,266	49,807	6,295	9,70
B	0,021	2	0,010	0,500	0,456	0,166	9,70
C	0,028	2	0,014	0,500	0,519	0,177	9,70
D	0,010	2	0,005	0,500	0,174	0,06	9,70
error	0,107443	1	0,107443	1	3,95	0,107443	9,70
total	0,469212	9	0,469212	9			

Perhitungan variabilitas nilai rasio S/N kekuatan uji tarik bentonit nano komposit melalui kombinasi level dari masing masing

faktor. Untuk keempat faktor yang diamati yaitu ukuran bentonit, suhu pemanasan, waktu pemanasan dan laju pengadukan secara bersama sama pengaruh faktornya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 10. Hasil Percobaan Konfirmasi

Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	23,588
1	24,125
3	24,245
4	23,788
5	23,958

Tabel 11. Interpretasi hasil ukuran kekuatan uji tarik bentonit nanokomposit

Respon (Uji tarik bentonit)			
	ukuran komposit	Replikasi	Optimasi
Eksperimen	Bahan-bahan (A)	23,788	23,788+1,261
Taguchi	Variabilitas(S/N)	27,524	27,524+0,611
Eksperimen	Konfirmasi (A)	24,34	24,34+0,611+0,611
Konfirmasi	Variabilitas(S/N)	27,696	27,696+1,037

Dari Tabel 8 faktor faktor yang signifikan adalah A, dan B,. Sebagai aturan empiris, hanya 2 faktor yang dipilih karena dalam matriks ortogonal L9(3)4 hanya diambil kira-kira setengah derajat kebebasan sebagai faktor yang penting. Hasil perhitungan persen kontribusi kekuatan uji tarik bentonit nano komposit dapat dilihat pada Tabel 10.

Eksperimen konfirmasi yang dilakukan berdasarkan hasil dari eksperimen sebelumnya. Eksperimen ini bertujuan untuk membuktikan hal yang didapat sebelumnya. Pada eksperimen konfirmasi, faktor dan level ditetapkan seperti faktor dan level pada Tabel 10. Hasil Percobaan Konfirmasi kondisi optimal yaitu faktor A (ukuran bentonit) sebesar 300 mesh pada level 3 dan suhu pemanasan 60 0C pada level 2. Untuk konfirmasi diambil 5 sampel dengan level pada kondisi optimun. Berdasarkan interpretasi hasil perhitungan kekuatan uji tarik bentonit nanokomposit yang tertera pada Tabel 11, yaitu eksperimen Taguchi ke eksperimen konfirmasi mengalami peningkatan pada rata rata dan variabilitasnya. Dengan demikian kombinasi optimal faktor-faktor tersebut di atas terbukti dapat meningkatkan kekuatan uji tarik bentonit nanokomposit.

SIMPULAN

Pengaruh penambahan bentonit sangat besar terhadap polimer murni, yaitu mampu meningkatkan kekuatan, termal dan kekerasan hingga lebih dari 60% dari sifat aslinya. Kombinasi level dari faktor yang menghasilkan nilai rata-rata dan variasi kekuatan uji tarik bentonit nanokomposit yang optimal diperoleh dari setting faktor A (ukuran bentonit) sebesar 300 mesh pada level 3 dan suhu pemanasan 60 °C pada level 2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jamaliah Sharif, 2005, "Preparation and properties of radiation crosslinked natural rubber/clay nanocomposites", *Polymer Testing* 24, 211-217
- [2] L.A. Utracki, 2004, "Clay-Containing Polymeric Nanocomposites", *Rapra Technology*.
- [3] Tsu-Hwang Chuang., 2004, "Thermal properties and Flammability of Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer / Montmorillonite / Polyethylene Nanocomposites with Flame Retardants"