BAB IV

ANOVA DALAM ORTOGONAL ARRAY TAGUCHI

Teknisi atau peneliti akan selalu bertemu dengan dua situasi pengembangan. Situasi pengembangan yang pertama adalah mencari parameter yang akan memperbaiki beberapa perlakuan karakteristik sehingga memenuhi syarat atau mencapai nilai optimal. Situasi yang kedua adalah mencari rancangan alternatip yaitu yang akan memberikan persamaan perlakuan.

Peneliti dalam memperbaiki rancangan memakai beberapa uji, observasi dan membuat keputusan untuk menggunakan rancangan baru atau menolak rancangan baru. Dalam hal ini mutu dari keputusan dapat diperbaiki karena penggunaan uji strategi, yaitu menghindari penggunaan rancangan yang rendah mutunya.

Sebelum membahas ortogonal array maka perlu dibahas terlebih dahulu mengenai uji strategi. Biasanya uji rancangan menilai efek dari parameter pada perlakuan produk kemudian dilanjutkan dengan efek parameter lainnya. Penilaian efek semacam ini dinamakan "one at time". Karena mengingat terlalu mendesaknya situasi dan tenaga terbatas maka biasanya penilaian efek dari beberapa parameter dilaksanakan pada waktu yang sama atau disebut " all at the same time".

Permasalahan sederhana mengenai pengujian efek dari satu parameter akan dilaku kan suatu pengujian dua kondisi yang berbeda dari pemotongan kecepatan pada microfinis dari bagian mesin. Dua perbedaan pemotongan percepatan dapat digunakan dan hasil microfinis diukur untuk menentukan pemotongan kecepatan yang mana memberikan hasil yang sangat memuaskan.

Jika level pertama yaitu pemotongan kecepatan yang pertama dilambangkan 1 , dan level kedua yaitu pemotongan kecepatan yang kedua dilambangkan 2 , maka diperoleh kondisi percobaan seperti tabel 4-1 .

TABEL 4-1. Percobaan satu faktor.

no.penelitian	Faktor	hasil
1	1	* *
2	2	* *

Percobaan / penelitian 1 dapat dirata-rata dan dibandingkan dengan penelitian 2. Perbandingan ini untuk mengetahui efek dari pemotongan kecepatan.

Jika faktor pertama terpilih gagal untuk produk yang diharapkan sebagai hasil, maka akan diteliti pengisian beberapa faktor lain dan hasilnya akan ditempatkan dibawahnya. Secara umum faktor-faktor yang berbeda itu dapat ditulis sebagai faktor: A, B, C ,D dan seterusnya dan masing- masing dinilai secara "one at a time ".
Bentuknya seperti tabel 4-2.

Tabel 4-2 . Faktor One at a time

no.Penelitian	Faktor dan level A	B	C	D	hasil uji
1	1	1	1	1	* *
2	2	1	1	1	* *
3	1	2	1	1	* *
4	1	1	2	1	* *
5	1	1	1	2	* *

Penelitian pertama sebagai kondisi garis dasar.Hasil penelitian kedua dapat dibandingkan dengan penelitian satu untuk mencari pendekatan efek dari Faktor A dalam produk. Hasil penelitian 3 juga dibandingkan dengan penelitian 1 untuk menghitung efek faktor B dan seterusnya.

Mengingat waktu dan tenaga pelaksanaan dengan harapan bahwa sekurang-kurangnya satu perubah akan memperbaiki sikuasi maka tabel penelitian seperti Tabel 4.3 Penelitian 1 mewakili kondisi garis utama.Untuk menghitung efek combinasi semua faktor maka penelitian 2 dibandingkan dengan hasil penelitian 1.

Tabel 4.3

no.pen.	Faktor dan Level A	B	C	D	hasil uji
1	1	1	1	1	* *
2	2	2	2	2	* *

4.1. Syarat Ortogonalitas

Pembatasan dasar dari penelitian tabel 4.2. faktor One at a time yaitu bahwa tidak terjadi interaksi antara faktor-faktor yang diselidiki.Juga strategi ini terdapat batasan uji data ketika menilai efek faktor. Terlihat pada tabel 4.2 dari 10 nilai data hanya 2 data untuk dibandingkan dengan 2 data,sehingga ada sisa 6 data yang untuk sementara diabaikan.Jika mencoba dibuat untuk semua data yang ada maka percobaan tidak bersifat ortogonal.

Dalam penelitian ortogonal faktor-faktor dapat dievaluasi bebas satu sama lain.Efek dari salah satu faktor tidak menyulitkan estimasi efek faktor lain.Syarat dari penelitian yang ortogonal adalah adanya kesetimbangan dengan kata lain satu kolom terdapat perbandingan yang sama antara uji 1 dan uji 2.Misal kolom faktor Adan level dua maka harus berlaku A_1 sama banyak dengan A_2 .Demikian pula harus berlaku untuk semua kolom.

Tidak ortogonal suatu penelitian dari kumpulan data dapat terlihat seperti tabel 4.2,dimana banyaknya A_1 dibanding dengan A_2 pada kolom A tidak setimbang.Dari 4 perwakilan terdapat 3 dari A_1 dan 1 dari A_2.Demikian juga pada faktor B yaitu terdapat tiga B_1 dan satu B_2.Jadi penelitian pada tabel 4.2 tidak ortogonal.

4.2. Kelebihan uji Strategi

Pada Two-way ANOVA contoh 3-4-1 terdapat faktor percobaan lengkap .Dapat disajikan dalam tabel 4.5

Tabel 4.4

No.Penel.	Faktor dan Level A	B	hasil	
1	1	1	76	78
2	1	2	77	78
3	2	1	73	74
4	2	2	79	80

Pada Tabel 4.4 dapat diperlihatkan bahwa faktor percobaan lengkap bersifat ortogonal.Di sini terdapat kesetimbangan jumlah nomor uji data dari masing-masing faktor. Dapat dilihat bahwa banyaknya A_1 sama dengan banyaknya A_2 yaitu masing-masing berjumlah dua.Demikian juga untuk faktor B.

Terlihat bahwa semua kemungkinan dari kombinasi dari 2 faktor dan 2 level terwakili dalam uji tersebut. Dengan menggunakan cara seperti itu maka kedua faktor tersebut serta interaksinya dapat dicari pendekatan efeknya.

Percobaan dalam bentuk lengkap dapat diterima jika hanya beberapa faktor saja yang diteliti atau dengan kata lain faktor yang diteliti relatif kecil.Sebaliknya bentuk lengkap tidak digunakan jika terdapat banyak sekali faktor-faktor yang diteliti.

Apabila percobaan dalam bentuk lengkap digunakan maka minimal kemungkinan kombinasi yang akan diuji dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$B_u = 2^n$$

dimana B_u adalah banyak uji

n = banyaknya faktor pada level 2.

Sebagai contoh yaitu percobaan untuk menyelidiki permasalahan Pompa air yang meliputi 7 faktor seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5.

Faktor	Level 1	Level2
A.Pola penutupmuka	Lama	Baru
B.Pola Gasket	Lama	Baru
C.Baut tenaga putar muka	Rendah	Tinggi
D.Lapisan Gasket	Tidak	Ya
E.Kerangka mesin pemompa	Kasar	licin
F.Baut tenaga putar belakang	Rendah	Tinggi
G.Susunan tenaga putar	Muka-belakang	belakang muka

Jika percobaan faktor lengkap digunakan dalam situasi ini maka banyaknya uji yang ada berjumlah :

$$B_u = 2^n$$

$$B_u = 2^7$$

$$B_u = 128 \text{ uji}$$

Sedangkan bentuk percobaan seperti pada gambar 4.1.Percobaan ini mencari semua efek dari faktor yang diselidiki dan juga interaksinya.

Gambar Kemudian peneliti akan memperhitungkan waktu,tenaga dan alat yang dipakai.Kalau faktor lengkap digunakan maka diperlukan waktu,tenaga dan alat yang relatif banyak Padahal biasanya semua itu terbatas maka diperlukan metoda untuk lebih mengefisienkan rancangan faktor diatas.

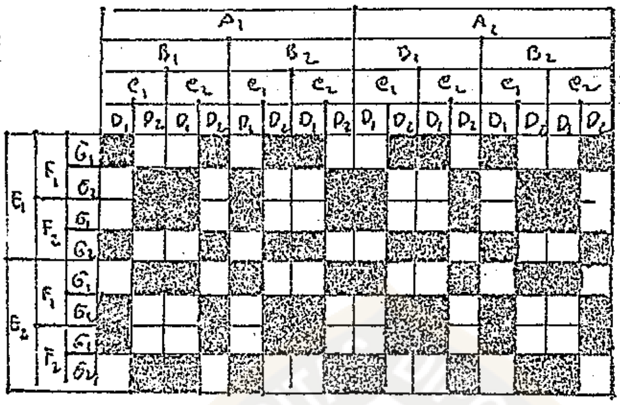
Gambar 4-1.

			A_1								A_2							
			B_1				B_2				B_1				B_2			
			C_1		C_2		C_1		C_2		C_1		C_2		C_1		C_2	
			D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2
E_1	F_1	G_1																
		G_2																
	F_2	G_1																
		G_2																
E_2	F_1	G_1																
		G_2																
	F_2	G_1																
		G_2																

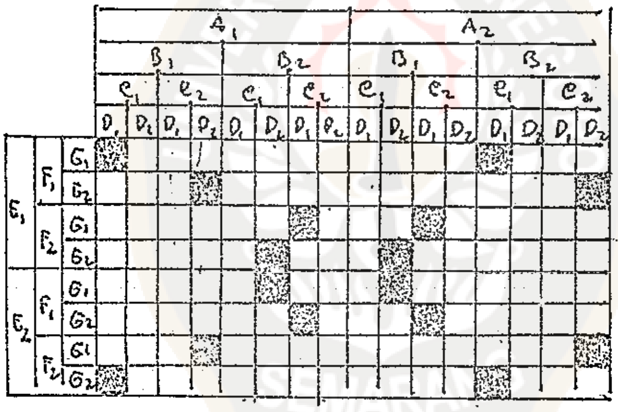
4.3. Efisiensi uji strategi

Beberapa ahli Statistik telah mengembangkan rancangan uji yang lebih efisien dan rancangan tersebut dikenal dengan nama Fraktional Faktorial Experiments (FFE). FFE hanya menggunakan bagiah tertentu dari semua kemungkinan kombinasi untuk mengestimasi atau meperkirakan efek faktor utama dan juga beberapa interaksi yang ada.

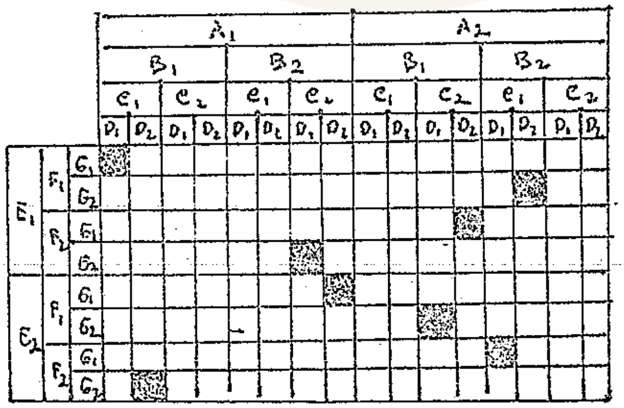
Gambar 4-2 memperlihatkan bentuk matrik setengah FFE, seperdelapan FFE dan seperenambelas FFE.Tentusaja kondisi perlakuan dipilih sehingga memenuhi syarat ortogonalitas dari beberapa faktor maupun interaksi. Dalam kejadian ini jelas terlihat adanya percobaan dengan waktu,biaya dan tenaga yang relatip lebih ringan dibandingkan dengan bentuk lengkap.



1/2 FFE



1/8 FFE



1/16 FFE

Taguchi telah mengembangkan kelompok matrik FFE yang bisa digunakan pada situasi yang bermacam-macam. Dalam hal ini akan diperlihatkan matrik Delapan-Trial OA yang mana bentuk matriknya biasa dilambangkan sebagai matrik L8 dengan 2 level,seperti tabel 4-6

Tabel 4-6.

No.Penel.	No.kolom 1	2	3	4	5	6	7
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

Bentuk seperenambelas FFE hanya delapan dari 128 kemungkinan kombinasi yang terwakili.Seseorang dapat mengobservasi 7 kolom dalam susunan seperti ini yang mana mempunyai satu Faktor untuk masing-masing kolom. Dalam hal ini delapan penelitian membutuhkan 7 derajat kebebasan.Masing-masing kolom mempunyai satu derajat kebebasan.

4.4. ANOVA Taguchi L4 OA

Orthogonal Array yang sangat sederhana adalah L4, dimana susunan percobaannya dapat dilihat dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 4-7. L4 OA Taguchi

No.Penel.	No.Kolom 1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Percobaan pada pembahasan sebelumnya yaitu pada Two-way ANOVA bab 3-4.1 dapat dibawa kedalam bentuk L4 OA. Faktor A dapat diberikan pada kolom 1 sedangkah faktor B dapat diberikan untuk kolom 2.Adapun penelitian pertama mewakili kondisi A_1B_1 dan mempunyai hasil sebesar 6 dan 8. Penelitian 2 mewakilimkondisi A1B2 dengan hasil sebesar 7 dan 8 dan seterusnya sehingga seluruh percobaan dapat dilihat dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 4-8

No.Penel.	Faktor dan level A	B		Data y	
	1	2	3		
1	1	1	1	6	8
2	1	2	2	7	8
3	2	1	2	3	4
4	2	2	1	9	10

Pada pembahasan sebelumnya diperoleh harga-harga sebagai berikut:

$SST = 40,875$

$SS_A = 1,125$

$SS_B = 21,125$

$SS_{AXB} = 15,125$

$SSe = 3,500$

L4 OA Taguchi dipergunakan untuk menghitung harga Jumlah Kwadrat untuk masing masing kolom.Dimana Rumus untuk SS_A adalah sama dengan perhitungan pada Bab 3.4.2.

Jumlah Kwadrat untuk faktor A kolom satu adalah:

$$SS_A = \frac{(A_1 - A_2)^2}{N}$$

A_1 dan A_2 adalah jumlah data sesuai dengan level 1 dan level 2 dari faktor A.

$A_1 = 6+8+7+8 = 29$

$A_2 = 3+4+5+10=26$

$SS_A = \frac{(29-26)^2}{8} = 1,125$

Jumlah kuadrat untuk Faktor B kolom 2 dihitung dengan cara yang sama.

$$SS_B = \frac{(B_1 - B_2)^2}{N}$$

$B_1 = 6+8+3+4 = 21$

$B_2 = 7+8+9+10= 34$

$SS_B = \frac{(21-34)^2}{8} = 21,125$

Jadi dapat dilihat bahwa Jumlah Kuadrat untuk faktor A dan B besarnya sama dengan perhitungan pada Bab 3-4-2. Sedangkan interaksi antara faktor A dan B terwakili pada kolom 3 .

$$SS_3 = \frac{(3_1 - 3_2)^2}{N}$$

$$SS_3 = \frac{(33-22)^2}{8} = 15{,}125$$

Harga SS_3 besarnya sama dengan SS_{AXB} pada perhitungan bab 3-4-2.Peristiwa ini tidak bersifat kebetulan sama tetapi merupakan sifat matematis dari ortogonal array itu sendiri.

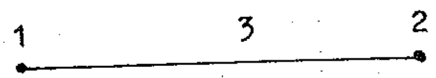
Jadi kolom tiga mewakili interaksi faktor A dan B.

Untuk menghitung SS_e dapat dengan cara menggunakan ketentuan ANOVA yaitu:

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AXB}$$
$$= 40{,}875 - 1{,}125 - 21{,}125 - 15{,}125$$
$$= 3{,}500$$

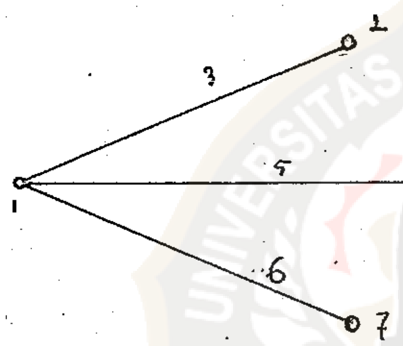
4.5. ANOVA Taguchi L8 OA

Untuk lebih memperjelas interaksi antara faktor maka disini dibahas mengenai linear grap untuk OA.Secara lenear grap L4 OA Taguchi dapat digambarkan sebagai berikut:



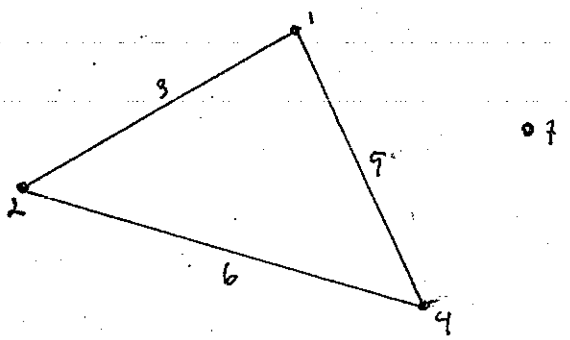
Nilai 1 dan 2 masing-masing mewakili kolom 1 dan 2. Sedangkan untuk kolom 3 adalah merupakan interaksi antara 1 dan 2.Jadi L4 OA Taguchi mempunyai jumlah penelitian 4 dan terdapat 3 kolom.Faktor A masuk dalam kolom 1 faktor B masuk dalam kolom 2 dan interaksi A dan B pada kolom 3.

Dari Linear grap diatas maka akan diperlihatkan bagaimana interaksi L8 OA Taguchi yang secara gambar dapat diperlihatkan sebagai berikut:



Kolom 1,2,4 dan 7 mewakili faktor A,B,C dan D. Sedangkan kolom 3 untuk interaksi AXB, kolom 5 untuk interaksi AXC dan kolom 6 untuk interaksi AXD .

Untuk L8 OA Taguchi dengan 3 faktor A,B dan C bentul linear grapnya dapat digambar sebagai berikut:



Faktor A,B,C berada pada kolom 1,2,4.Sedangkan untuk FaktorAXBXC berada pada kolom 7.

AXBXC adalah interaksi antara A dan BXC ,B dan AXC, C dan AXB .

Sedangkan bentuk tabelnya adalah sebagai berikut

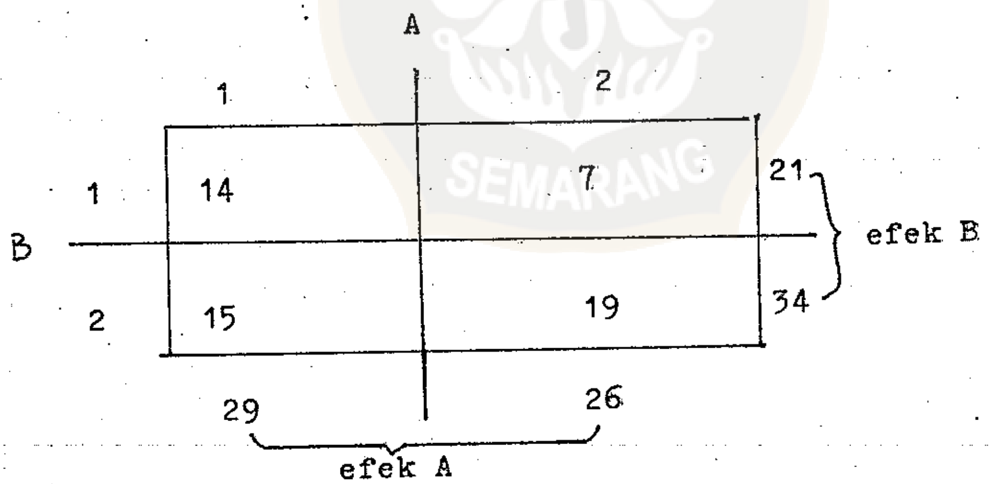
1	2	3	4	5	6	7
A	B	AXB	C	AXC	BXC	AXBXC

Untuk pengisian kolom L8 OA Taguchi untuk 2 faktor jelas kolom 1 dan 2 digunakan untuk Faktor-faktor tersebut.

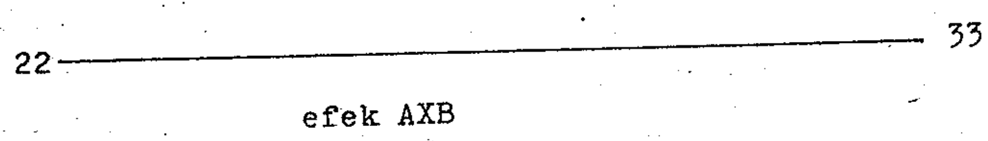
Dari contoh pembahasan two-way ANOVA pada bab III dapat dibawa kedalam bentuk L8 OA Taguchi.

Faktor dan interaksinya seperti Tabel berikut:

TABEL 4-9.



Data dijumlahkan secara mendatar,vertikal maupun diagonal.



Untuk kondisi interaksi A_1B_1 dan A_2B_2 interaksinya diberi lambang $\underline{AXB}_1$. Untuk interaksi A_1B_2 dan A_2B_1 dilambangkan $\underline{AXB}_2$.

Jika dipandang pemberian faktor sama untuk C dan D maka interaksi C_1D_1 dan C_2D_2 diwakili oleh $\underline{CXD}_1$ dan interaksi C_1D_2 dan C_2D_1 diwakili oleh $\underline{CXD}_2$. Jadi AXB akan identik dengan CXD. Secara tabel dapat dilihat tabel 4-10.

TABEL 4-10

no	Faktor dan interaksi						
	A	B	AXB CXD	C	AXC BXD	AXD BXC	D
	1	2	3	4	5	6	7
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

Untuk menerapkan L8 OA Taguchi dalam permasalahan penulis mengulang pada two-way ANOVA. Faktor A pada kolom 1, B pada kolom 2. Dua penelitian pertama mewakili kondisi A_1B_2, untuk penelitian 5 dan 6 mewakili kondisi A_2B_1 dan untuk penelitian 7 dan 8 untuk kondisi A_2B_2 .

Lihat tabel 4-11.

Tabel 4.11

No.Penel.	Faktor dan interaksi A	B	AXB					data
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	6
2	1	1	1	2	2	2	2	8
3	1	2	2	1	1	2	2	7
4	1	2	2	2	2	1	1	8
5	2	1	2	1	2	1	2	3
6	2	1	2	2	1	2	1	4
7	2	2	1	1	2	2	1	9
8	2	2	1	2	1	1	2	10

Perhitungan ANOVA dalam L8 OA dengan menggunakan rumus yang sama dengan bab III.

Jumlah kuadrat untuk faktor A kolom 1 adalah

$$SS_A = \frac{(A_1 - A_2)^2}{N}$$

A_1 dan A_2 diperoleh dengan menjumlahkan data berdasarkan level 1 dan 2 dari faktor A .

$A_1 = 6+8+7+8 = 29$

$A_2 = 3+4+9+10 = 26$

$$SS_A = \frac{(29-26)^2}{8} = 1,125$$

Jumlah kuadrat untuk faktor B kolom 2 adalah

$$SS_B = \frac{(B_1 - B_2)^2}{N}$$

$$SS_B = \frac{(21-34)^2}{8} = 21,125$$

Jumlah kuadrat untuk kolom AXB adalah

$$SS_{AXB} = \frac{(3_1-3_2)^2}{N} =$$

$$SS_{AXB} = \frac{(33-22)^2}{8} = 15,125$$

Perhitungan Jumlah kuadarat untuk tiap-tiap kolom dari kolom 4 sampai 7 adalah:

$$SS_4 = \frac{(4_1-4_2)^2}{N} = \frac{(15-20)^2}{8} = 3,125$$

$$SS_5 = \frac{(5_1-5_2)^2}{N} = \frac{(27-28)^2}{8} = 0,125$$

$$SS_6 = \frac{(6_1-6_2)^2}{N} = \frac{(27-28)^2}{8} = 0,125$$

$$SS_7 = \frac{(7_1-7_2)^2}{N} = \frac{(27-28)^2}{8} = 0,125$$

Perbedaan antara L_4 dan L_8 adalah terletak pada data tiap penelitian.L_4 mempunyai 2 data untuk masing masing penelitian sedangkan L_8 mepunyai satu data untuk tiap penelitian.Variasi error L_4 berasal dari pengulangan dalam tiap penelitian, tetapi Variasi error pada L_8 berasal dari kolom karena tidak ada pengulangan penelitian.

Untuk Jumlah Kuadrat Total SST didapat dengan menju mlahkan semua Jumlah kuadrat dari kolom.Sehingga dalam Ortogonal Array Jumlah Kuadrat Total dapat dirumuskan

$$SS_T = \sum SS_{KOLOM}$$

Unassigned Colums (kolom yang tidak dianggap) merupakan estimasi dari variasi error.

4.6. Strategi Pooling Up Taguchi

Pada contoh sebelumnya terdapat kolom yang Unassigned yang menunjukkan estimasi variasi error.Permasalahannya jika semua kolom assigned (diberikan faktor) maka perlu suatu cara untuk mengestimasi Varisi error.

Dari semua kolom akan terdapat efek kolom yang relatif kecil dibandingkan yang lain sehingga akan terdapat faktor yang dianggap tidak meberikan efek yang penting.Pada saat kolom memberikan efek yang relatif kecil pada OA maka kemungkinan yang terjadi adalah: tidak adanya faktor atau imteraksi yang assigned, tidak adanya efek faktor atau interaksi yang dianggap penting,Efek faktor atau interaksi yang sangat kecil dan menghapus efek dari faktor atau interaksi.

Untuk mengestimasi Variasi error tersebut Taguchi menggunakan strategi Pooling up yaitu dengan mengambil nilai V yang besarnya efek faktor sangat relatif kecil dibanding dengan efek faktor lainya yang lebih besar.

Untuk penerapannya misa diambil Tabel ANOVA pada contoh sebelumnya Tabel 4-12.

Dalam tabel 4-12 tersebut terdapat lima kolom yang relatif kecil dibanding efek kolom B dan AXB.Sehinngga untuk variasi error diambil 5 derajat kebebasan.Sedang dua kolom yang efeknya jauh lebih besar dicari nilai F nya sehingga diperoleh Tabel 4-13.

Tabel 4-12.

	SS	v	V	F
A	1,125	1	1,125	[illegible]
B	21,125	1	21,125	22,83
AXB	15,125	1	15,125	16,35
kol.4	3,125	1	3,125	
.5	0,125	1	0,125	
.6	0,125	1	0,125	
.7	0,125	1	0,125	
T	40,875	7		
e_{pool}	4,625	5	0,925	

Tabel 4-13

	SS	v	V	F
B	21,125	1	21,125	22,83
AXB	15,125	1	15,125	16,15
e_p	4,625	5	0,925	
T	40,875	7		

4.7. ANOVA Dalam Ortogonal : Four - Level

Dalam pembahasan ini terdapat permasalahan perubahan bentuk percobaan dua level (two level) kedalam Four - level.Bagaimana bentuk faktor Two level dapat disajikan kedalam bentuk multiple level.

4.7.1. Proses Perubahan Two Level Ke Four Level

Two level (dua level) dapat diubah kedalam bentuk four level. Konsep perubahan ini tergantung syarat yang ada pada four level yaitu mempunyai 3 derajat kebebasan. Two level mempunyai 1 derajat kebebasan yang terletak pada masing-masing kolom. Maka dalam perubahan ke four level perlu mengadakan penggabungan 3 kolom dari two level OA. Kolom yang digabungkan adalah kolom yang saling berhubungan.

Jika kolom 1;2 dan 3 dari L_8 OA digabungkan maka banyaknya kolom menjadi 5 kolom, yaitu satu untuk derajat kebebasan 3 dan empat lainya untuk derajat kebebasan 1. Adapun kolom-kolom yang akan digabungkan terlihat pada tabel 4-14.

TABEL 4-14.

no.	1	2	3	kolom
1	1	1	1	
2	1	1	1	
3	1	2	2	
4	1	2	2	
5	2	1	2	
6	2	1	2	
7	2	2	1	
8	2	2	1	

Dari kolom 1 dan 2 dibuat suatu kombinasi. Ada 4 kombinasi yaitu :

11 ; 12 ; 21 dan 22

Jika kondisi 11 diwakili oleh level 1

kondisi 12 diwakili oleh level 2 ,

kondisi 21 diwakili oleh level 3 ,

kondisi 22 diwakili oleh level 4 ,

maka korespondensi level dengan kondisi tersebut adalah seperti tabel 4-15.

TABEL 4-15.

No.	1	2	3	Four level
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	2	2	2
4	1	2	2	2
5	2	1	2	3
6	2	1	2	3
7	2	2	1	4
8	2	2	1	4

Dari penggabungan diatas maka diperoleh bentuk L_8 OA untuk empat level. Lihat tabel 4-16 .

4.7.2. ANOVA Dalam Empat Level (Four Level)

Dari tabel 4-15 terdapat 5 faktor yaitu A ,B ,C ,D dan E . Faktor A mempunyai empat level dengan derajat kebebasan 3 , sedangkan untuk faktor lainnya mempunyai dua level dengan derajat kebebasan masing-masing 1 . Hasil percobaan pada tabel 4-17.

TABEL 4-16. L_8 OA Four Level

	KOLOM				
no.	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	2	1	1	2	2
4	2	2	2	1	1
5	3	1	2	1	2
6	3	2	1	2	1
7	4	1	2	2	1
8	4	2	1	1	2

TABEL 4-17

	FAKTOR					
no.	A	B	C	D	E	data
1	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	2	2	6
3	2	1	1	2	2	4
4	2	2	2	1	1	7
5	3	1	2	1	2	7
6	3	2	1	2	1	10
7	4	1	2	2	1	8
8	4	2	1	1	2	12

Untuk menghitung Jumlah Kuadrat (SS) untuk masing- masing faktor dengan menggunakan rumus sub bab 3-3-2, yaitu :

$$SS_A = \sum_{i=1}^{k_A} \frac{A_i^{\,2}}{n_{A_i}} - \frac{T^2}{N}$$

$k_A = 4$ dan $N = 8$

$$SS_A = \frac{8^2}{2}+\frac{11^2}{2}+\frac{17^2}{2}+\frac{20^2}{2} - \frac{56^2}{8}$$

$$SS_A = 45{,}0$$

Perhitungan untuk jumlah kuadrat faktor B adalah :

$$SS_B = \frac{(B_1 - B_2)^2}{N}$$

$B_1 = 2 + 4 + 7 + 8 = 21$

$B_2 = 6 + 7 + 10 + 12 = 35$

$$SS_B = \frac{(21-35)^2}{8}$$

$$SS_B = 24{,}5$$

Perhitungan untuk faktor C adalah :

$$SS_C = \frac{(C_1 - C_2)^2}{N}$$

$C_1 = 2 + 4 + 10 + 12 = 28$

$C_2 = 6 + 7 + 7 + 8 = 28$

$$SS_C = \frac{(28-28)^2}{8}$$

$$SS_C = 0$$

Perhitungan untuk faktor D adalah :

$$SS_D = \frac{(D_1 - D_2)^2}{N}$$

D_1 =2 +7 +7 +12 = 28

D_2 =6 +4 +10 +8 = 28

$$SS_D = \frac{(28 - 28)^2}{8}$$

SS_D = 0

Perhitungan untuk faktor E ,adalah :

$$SS_E = \frac{(E_1 - E_2)^2}{N}$$

E_1 = 2 +7 +10 +8 =27

E_2 = 6 +4 +7 +12 =29

$$SS_E = \frac{(27 - 29)^2}{8}$$

SS_E = 0,5

Perhitungan untuk total variasi ,adalah :

$$SS_T = \sum_{i=1}^{N} y_i^2 - \frac{T^2}{N}$$

$$SST = 2 +6 +4 +7 +7 +10 +8 +12 - \frac{56^2}{8}$$

SST = 70,0

SST dengan cara lain , yaitu dengan cara menjumlahkan semua jumlah kuadrat kolom (SS kolom).

Dalam bentuk four level OA , harga SS_A dapat diperoleh dengan cara lain , yaitu dengan cara penggabungan tiga kolom dari OA semula .

$$SS_A = SS_{kol.1} + SS_{kol.2} + SS_{kol.3}$$

Bentuk semula , lihat tabel 4-18.

TABEL 4-18.

	kolom			
no.penel.	1	2	3	data
1	1	1	1	2
2	1	1	1	6
3	1	2	2	4
4	1	2	2	7
5	2	1	2	7
6	2	1	2	10
7	2	2	1	8
8	2	2	1	12

$$SS_{kol.1} = \frac{(1_1 - 1_2)^2}{N}$$

$$1_1 = 2 + 6 + 4 + 7 = 19$$

$$1_2 = 8 + 7 + 10 + 12 = 37$$

$$SS_{kol.1} = \frac{(19 - 37)^2}{8}$$

$$SS_{kol.1} = 40,5$$

$$SS_{kol.2} = \frac{(2_1 - 2_2)^2}{N}$$

$$2_1 = 2 + 6 + 7 + 10 = 25$$

$$2_2 = 4 + 7 + 8 + 12 = 31$$

$$SS_{kol.2} = \frac{(25-31)^2}{8}$$

$$SS_{kol.2} = 4{,}50$$

$$SS_{kol.3} = \frac{(3_1 - 3_2)^2}{N}$$

$$3_1 = 2+ 6+ 8+ 12 = 28$$

$$3_2 = 4+ 7+ 7+ 10 = 28$$

$$SS_{kol.3} = \frac{(28-28)^2}{8} = 0$$

$$SS_A = SS_{kol.1} + SS_{kol.2} + SS_{kol.3}$$

$$SS_A = 40{,}5 + 4{,}5 + 0{,}0$$

$$SS_A = 45{,}00$$

Jadi harga SS_A sama dengan hasil perhitungan cara pertama, yaitu $SS_A = 45{,}00$

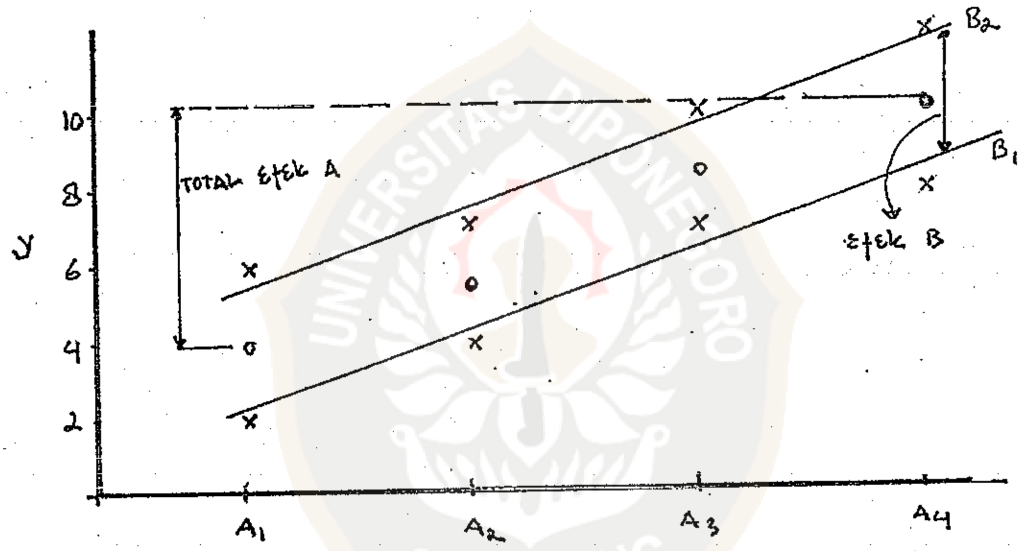
Adapun tabel ANOVA percobaan tersebut , adalah :

TABEL 4-19.

	SS	v	V	F
A	45,0	3	15,0	90
B	24,5	1	24,5	147
C	0,0	1	0,0	
D	0,0	1	0,0	
E	0,5	1	0,5	
T	70,0	7		
e_{pool}	0,5	3	0,167	

Dari F hitung dapat disimpulkan bahwa efek faktor B lebih besar dibanding efek yang ditimbulkan oleh faktor A. Kesimpulan ini berdasarkan besarnya harga F hitung masing-masing faktor. Untuk lebih memperjelas kesimpulan tersebut , kita melihat gambar 4-3 .

GAMBAR 4-3.



Dari gambar tersebut terjadi kenaikan efek untuk kedua faktor tersebut. Untuk faktor A memiliki tiga kenaikan untuk sampai ke efek total dari faktor A, dan faktor B hanya memiliki satu kenaikan.

Untuk interprestasi kejadian tersebut, perlu diperhatikan karakteristik produk ; Lower is better (LB), nominal is best (NB) , higher is better (HB). Jika HB karakteristik maka kondisi perlakuan yang paling baik adalah A_4B_2. Jika LB karakteristik maka kondisi perlakuan yang paling baik adalah A_1B_1 .