

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, & Prasetya, D. S. B. (2016). Ipteks Bagi Masyarakat (Ibm) Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Di Tanjung Karang Kota Mataram. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 2541–2626.
- Anshori, M. (2020). Perbedaan Kadar Gliserol, Ester, Mono- Dan Digliserida Pada Variasi Perlakuan Refined Bleached Deodorized Palm Oil. *Jurnal Teknik Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit Dan Karet*, 2(2), 2580–0957.
- Astuti, E. (2008). Pengaruh Konsentrasi Katalisator Dan Rasio Bahan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Kelapa. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(1), 5–9.
- Aulia, Y. (2012). Ekstraksi Minyak Biji Ketapang Sebagai Bahan Baku Biodiesel. *Chemical Engineering Journal Storage*, 2(5), 117–128.
- Aziz, I., & Nurbayti, S. (2012). Penggunaan Zeolit Alam Sebagai Katalis Dalam Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Valensi*, 2(4), 511–515.
- Dalai, A. K., Issariyakul, T., & Baroi, C. (2012). Biodiesel Production Using Homogeneous And Heterogeneous Catalysts. *Catalysis For Alternative Energy Generation*, 9(5).
- Devita, L. (2015). Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif. *Agrica Ekstensia*, 9(2), 23–26.
- Dwi Daryono, E., & Mustiadi, L. (2022). Pengaruh Penambahan Co-Solvent Metil Ester Dan Waktu Reaksi Pada Proses Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Fame (Fatty Acid Methyl Esters). *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 11(1), 16–20. <https://Talenta.Usu.Ac.Id/Jtk>
- Gultom, E., Lestari, H., & Hestina. (2024). Analisis Pengaruh Suhu Pemanasan Pada Transesterifikasi Minyak Jelantah Dalam Pembuatan Biodiesel. *Journal Of Social Science Research*, 4(1), 6413–6421.
- Hartono, R., Rama Denny, Y., Ramdhani, D. S., Assaat, L. D., Wildha Priakbar, A., & Ribawa, W. H. (2023). Pembuatan Biodiesel Dengan Reaktor Bersirkulasi Sederhana Menggunakan Katalis Koh. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 123–132.

- Laila, L., & Oktavia, L. (2018). Kaji Eksperimen Angka Asam Dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit Dari Pt Smart Tbk. *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 2, 27–31.
- Latifah Azzahro, U., & Wisnu Broto, Dan. (2021). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Katalis Cao Pada Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Sosial Dan Teknologi (Sostech)*, 1(6).
- Latisya, S. (2022). Teknologi Proses Untuk Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi*, 27(2), 78–91.
- Mahmud, S. F. (2019). Proses Pengolahan Cpo (Crude Palm Oil) Menjadi Rbdpo (Refined Bleached And Deodorized Palm Oil). *Jurnal Unitek*, 12(1), 122–131.
- Mardhiah, H. H., Ong, H. C., Masjuki, H. H., & Lim, S. (2017). A Review On Latest Developments And Future Prospects Of Heterogeneous Catalyst In Biodiesel Production From Non-Edible Oils. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 67, 1225–1236.
- Meliana, N. , H. P. S., & Mardawati, E. (2019). Optimasi Kondisi Acid Degumming Pada Proses Produksi Lesitin Dari Cpo. *Jurnal Industri Pertanian*, 1(2), 33–37.
- Monde, J., Kumalasari, I., Aryani, D., Lutfi, M., & Alfandy, A. (2022). Pengaruh Katalis Sio<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Jelantah Effect Of Sio<sub>2</sub> /Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst On Characteristics Of Biodiesel From Used Cooking Oil. *Jurnal Chemurgy*, 6(2), 80–85.
- Muhammad, F. R., Jatranti, S., Qadariyah, L., & Mahfud, M. (2019). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. *Jurnal Teknik Its*, 3(2), 154–159.
- Novalina S. P. (2015). *Pembuatan Biodiesel Dari Mesokarp Sawit Dengan Teknologi Reactive Extraction*. Universitas Sumatera Utara.
- Nuryanti, R. (2023). Uji Kualitas Bahan Bakar Biodiesel Dari Minyak Jelantah (Penggorengan Pecel Lele) Dengan Parameter Uji Specific Gravity 60/60 °f Astm D-1298, Distilasi Astm D-86, Viskositas Kinematik Astm D-445, Flash

- Point Pm Astm D-93, Pour Point Astm D-97 Dan Cetane Index Astm D-4737. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 3(1), 229–236.
- Prabasena, B. (2016). Inovasi Penggunaan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Limbah Restoran Pada Shuttle Bus Antar Terminal Di Bandara Soekarno-Hatta. *Jurnal Warta Penelitian Perhubungan*, 28(5), 348–355.
- Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45–54.
- Prayanto, D. S., & Salahudin, M. (2014). *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Dengan Katalis Naoh Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave) Secara Kontinyu*. La Librairie Vuibert.
- Prihandana, R. (2016). *Menghasilkan Biodiesel Murah : Mengatasi Polusi & Kelangkaan Bbm*. Agromedia Pustaka.
- Prihanto, A., & Irawan, T. A. B. (2017). Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis Dan Rasio Molar Metanol-Minyak Terhadap Yield Biodisel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi. *Jurnal Metana*, 13(1), 30–36.
- Priscilla, T., Irwan, Muh., & Arifin, Z. (2024). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dalam Reaktor Ultrasonik. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 44–56.
- Rahmad, J. A., Febrina, W., & Yusrizal, Y. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Refined Bleached Deodorized Palm Oil Dan Refined Bleached Deodorized Palm Olein Di Pt. Adhitya Seraya Korita Dumai. . *Jurnal Unitek*, 13(1), 1–14.
- Rezablina, M., Zamhari, M., & Zikri, A. (2023). Proses Transesterifikasi Biodiesel Menggunakan Katalis Sodium Methoxide Dan Katalis Berbasis Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Yang Diimpregnasi Naoh. . *Jurnal Serambi Engineering*, 8(4), 45–53.
- Ritonga, M. Y., & Putra, A. (2015). Pembuatan Biodiesel Dari Rbdpo Dengan Katalis Cangkang Kepah. *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 4(2), 20–26.
- Sahubawa, L. (2010). Pengaruh Penggunaan Katalis Pada Reaksi Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biodiesel Ikan Sardin. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 17(3), 200–206.

- Sara, F. N. (2024). *Pengaruh Konsentrasi Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel Berbahan Dasar Refined Bleached Deodorized Palm Oil (Rbdpo)* Sarjana Teknologi Industri Bioenergi. Instiper.
- Suherman, S., Abdullah, I., Sabri, M., Silitonga, A. S., & Suroso, B. (2022). Pengaruh Perbedaan Jumlah Katalis Terhadap Angka Yield Pada Proses Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Sisa Menggunakan Pemanas Double Jacket. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(1), 113.
- Sumarna, D. (2014). *Studi Metode Pengolahan Minyak Sawit Merah (Red Palm Oil) Dari Crude Palm Oil (Cpo)*. . Teknologi Hasil Pertanian.
- Wibisono, R., Ardhitio, V., & Chayati, T. (2011). *Pengembangan Imta (Integrated Multi Trophic Aquaculture) Berbasis Ekosistem Local Melalui Peningkatan Produksi Dan Diversifitas Yang Ramah Lingkungan Di Indonesia*. . Institut Pertanian Bogor.
- Yogaswara, E., Farida, I. L., Kamil, A., & Nuraliyah, A. (2024). Pengaruh Waktu Penyimpanan Dan Kontaminasi Bleaching Earth, Spent Bleaching Earth, Dan Bleaching Earth Teraktivasi Terhadap Bilangan Peroksida Rbdpo. In *Universitas Mercubuana, Indonesia* (Vol. 20, Issue 1).

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Prosedur Analisis

#### A. Uji *Density* menggunakan *density* meter DA-645 (Monde et al., 2022)

Pengukuran massa jenis dilakukan menggunakan *density* meter DA-645. Tahap prosesnya antara lain :

1. Pastikan alat dalam kondisi bersih dan siap digunakan.
2. Siapkan sampel biodiesel dan metanol sebagai pembersih.
3. Ambil biodiesel dengan syringe/pipet dan masukkan ke alat.
4. Pastikan tidak ada gelembung udara.
5. Jalankan alat, hasil akan muncul di layar.
6. Catat hasil yang ditampilkan.
7. Cuci alat dengan metanol beberapa kali hingga bersih.
8. Keringkan alat sebelum digunakan kembali.
9. Pastikan alat bersih dan siap untuk pemakaian selanjutnya.

#### B. Kadar Air

Proses pengukuran kadar air dilakukan dengan tahapan :

1. Pastikan alat dalam kondisi bersih dan siap digunakan.
2. Nyalakan alat dan biarkan kalibrasi otomatis jika tersedia.
3. Siapkan sampel yang akan diuji.
4. Ambil sampel sesuai kapasitas alat (padatan, cairan, atau bubuk).
5. Letakkan sampel di tempat uji atau wadah alat.
6. Tutup alat dan mulai pengukuran dengan menekan tombol Start.
7. Alat akan menganalisis kadar air secara otomatis.
8. Tunggu hingga alat menampilkan hasil kadar air di layar.
9. Catat hasil yang ditampilkan.
10. Bersihkan alat sesuai petunjuk setelah digunakan.

#### C. *Yield* (Mukminin *et al.*, 2022)

Perhitungan rendemen dilakukan dengan cara menghitung massa metil ester yang dihasilkan tanpa pengotor dengan jumlah bahan baku minyak jelantah. Perhitungan rendemen biodiesel dilakukan menggunakan rumus :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa produk}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

#### D. Uji pH menggunakan metode pH Meter (Rakhmawati *et al.*, 2019)

1. Uji pH dapat dilakukan menggunakan pH meter dengan cara :
2. menekan tombol "ON" pada pHmeter
3. kalibrasi alat pH meter
4. melarutkan lotion dengan 10- 20 ml aquadest didalam gelas beaker
5. mencelupkan elektroda kedalam lotion yang diencerkan
6. mencatat angka pH yang tertera pada monitor pH meter.

#### E. Analisis GC

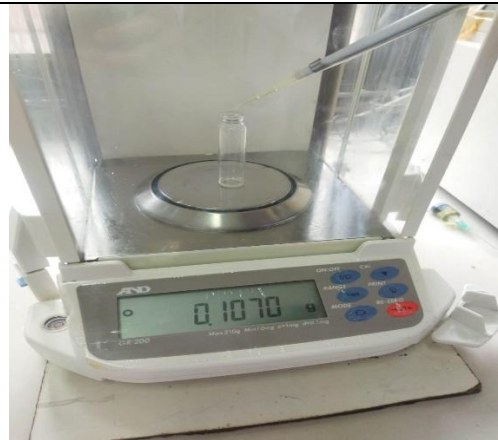
Prinsip kerja kromatografi gas (GC) berdasarkan visibilitas berdasarkan perbedaan kecepatan migrasi komponen penyusun senyawa. Proses ini menggunakan dua fase: fase gas bergerak dan fase gas stasioner. Komponen dari campuran yang akan dijelaskan dicairkan dan dibawa oleh gas inert, seperti helium melalui kolom yang dikemas dengan fase stasioner seperti penyerap padat atau cair. Komponen campuran bereaksi dengan fase stasioner dengan cara yang berbeda, sehingga dapat memisahkan komponen campuran pada saat melewati kolom. Waktu yang dibutuhkan untuk setiap komponen agar dapat melewati kolom tergantung pada interaksinya dengan fase stasioner. Setelah melewati kolom, komponen dipisahkan dan dikenali dengan menggunakan detektor. Ada berbagai macam detektor yang digunakan pada Kromatografi Gas. Detektor tersebut dapat menghasilkan kromatogram, yang menunjukkan daerah elusi setiap komponen dalam campuran. Prosedur penggunaan Agilent 7890B GC antara lain :

1. Sampel sebanyak 0,1 gram ditimbang
2. Tambahkan 80  $\mu$ L syringe Butanetriol
3. Tambahkan 100  $\mu$ L syringe Tricaprin
4. Tambahkan 100  $\mu$ L syringe MSTFA
5. Gojog menggunakan vortex selama 5-10 menit
6. Tambahkan 8 mL n-Hexane kemudian vortex kembali
7. Injeksikan kedalam GC dan baca hasil pada monitor

Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian



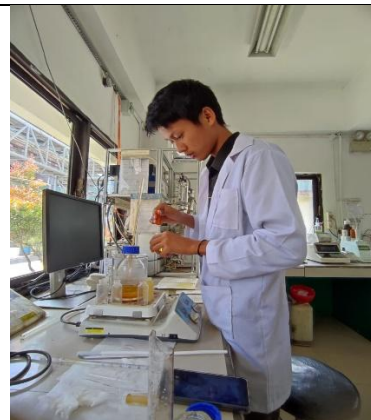
Persiapan bahan dan alat



Penimbangan bahan



Proses transesterifikasi pada suhu 60°C



Proses penambahan *feed* secara berkala pada metode transesterifikasi *semi-batch*



Proses sentrifugasi setelah proses transesterifikasi



Proses pemisahan gliserin dari crude methyl ester



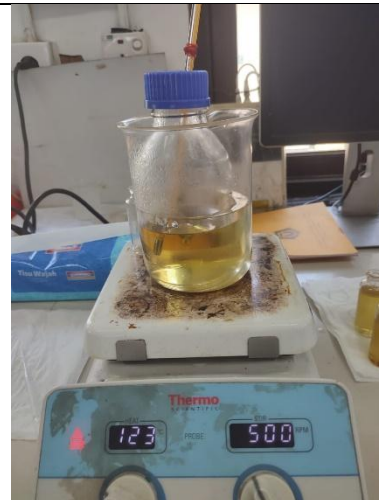
Proses washing menggunakan akuades dan citrid acid



Proses sentrifugasi setelah washing



Proses pemisahan sisa washing dan methyl ester



Proses drying dengan suhu 90-100°C selama 30 menit

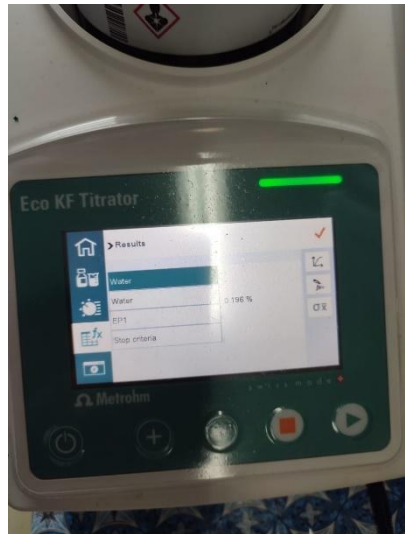


Methyl Ester (Produk Biodiesel)



Analisis Densitas





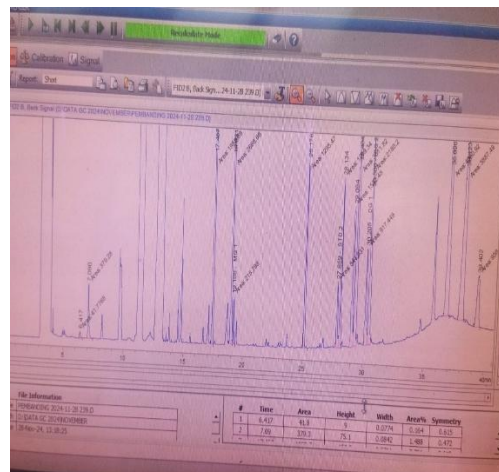
Analisis kadar air



Persiapan analisis menggunakan Agilent 7980B GC



Proses analisis menggunakan Agilent 7980B GC



Hasil Analisis Agilent 7980B GC

Lampiran 3. Data Statistik Pengamatan

**Descriptive Statistics**

Dependent Variable: densitas

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_fered	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	.8812250	.00003536	2
	6X penambahan	.8813250	.00000707	2
	8X penambahan	.8806250	.00082731	2
	Total	.8810583	.00050181	6
1%	4X penambahan	.8759500	.00007071	2
	6X penambahan	.8762700	.00033941	2
	8X penambahan	.8757950	.00027577	2
	Total	.8760050	.00029358	6
1.5%	4X penambahan	.8706600	.00007071	2
	6X penambahan	.8715300	.00012728	2
	8X penambahan	.8712700	.00002828	2
	Total	.8711533	.00040490	6
Total	4X penambahan	.8759450	.00472505	6
	6X penambahan	.8763750	.00438421	6
	8X penambahan	.8758967	.00420258	6
	Total	.8760722	.00417892	18

**Descriptive Statistics**

Dependent Variable: kadar\_air

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_fered	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	768.5000	19.09188	2
	6X penambahan	677.5000	14.84924	2
	8X penambahan	735.0800	14.02900	2
	Total	727.0267	43.02878	6
1%	4X penambahan	576.5000	13.43503	2
	6X penambahan	458.5000	14.84924	2
	8X penambahan	599.5000	17.67767	2
	Total	544.8333	68.70638	6
1.5%	4X penambahan	734.0000	11.31371	2
	6X penambahan	555.0000	8.48528	2
	8X penambahan	652.1350	1.27986	2
	Total	647.0450	80.39946	6
Total	4X penambahan	693.0000	92.28218	6
	6X penambahan	563.6667	98.69076	6
	8X penambahan	662.2383	61.96631	6
	Total	639.6350	98.59542	18

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: yield

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_fed	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	92.1700	.33941	2
	6X penambahan	84.1450	10.14698	2
	8X penambahan	90.4450	.62933	2
	Total	88.9200	5.91354	6
1%	4X penambahan	93.5750	.00707	2
	6X penambahan	91.8700	.50912	2
	8X penambahan	91.6550	.17678	2
	Total	92.3667	.97128	6
1.5%	4X penambahan	91.4250	.16263	2
	6X penambahan	91.2050	.06364	2
	8X penambahan	86.1800	2.98399	2
	Total	89.6033	2.97122	6
Total	4X penambahan	92.3900	.99090	6
	6X penambahan	89.0733	5.94192	6
	8X penambahan	89.4267	2.91267	6
	Total	90.2967	3.93829	18

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: pH

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_fed	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	5.9500	.07071	2
	6X penambahan	6.3000	.14142	2
	8X penambahan	6.1000	.00000	2
	Total	6.1167	.17224	6
1%	4X penambahan	7.1500	.07071	2
	6X penambahan	7.3500	.07071	2
	8X penambahan	7.2000	.14142	2
	Total	7.2333	.12111	6
1.5%	4X penambahan	6.1500	.07071	2
	6X penambahan	7.1500	.07071	2
	8X penambahan	6.6500	.21213	2
	Total	6.6500	.45935	6
Total	4X penambahan	6.4167	.57764	6
	6X penambahan	6.9333	.50465	6
	8X penambahan	6.6500	.50498	6
	Total	6.6667	.54341	18

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: ester\_content

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_fed	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	43.899150	.0019092	2
	6X penambahan	48.981250	.0014849	2
	8X penambahan	43.488500	.0014142	2
	Total	45.456300	2.7365840	6
1%	4X penambahan	53.194350	.0013435	2
	6X penambahan	50.505150	.0014849	2
	8X penambahan	43.846050	.0017678	2
	Total	49.181850	4.3045113	6
1.5%	4X penambahan	36.570600	.0011314	2
	6X penambahan	38.326500	.0008485	2
	8X penambahan	35.735800	.0001414	2
	Total	36.877633	1.1827542	6
Total	4X penambahan	44.554700	7.4516885	6
	6X penambahan	45.937633	5.9348181	6
	8X penambahan	41.023450	4.0989163	6
	Total	43.838594	6.0137933	18

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: freegliserida

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_fed	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	.01350	.000707	2
	6X penambahan	.01250	.000707	2
	8X penambahan	.01400	.000000	2
	Total	.01333	.000816	6
1%	4X penambahan	.01100	.000000	2
	6X penambahan	.01400	.000000	2
	8X penambahan	.01600	.000000	2
	Total	.01367	.002251	6
1.5%	4X penambahan	.01750	.000707	2
	6X penambahan	.01700	.000000	2
	8X penambahan	.01550	.000707	2
	Total	.01667	.001033	6
Total	4X penambahan	.01400	.002966	6
	6X penambahan	.01450	.002074	6
	8X penambahan	.01517	.000983	6
	Total	.01456	.002093	18

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: monogliserida

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_fed	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	1.98000	.050912	2
	6X penambahan	1.83650	.034648	2
	8X penambahan	2.13300	.032527	2
	Total	1.98317	.136230	6
1%	4X penambahan	1.53250	.040305	2
	6X penambahan	2.91800	.004243	2
	8X penambahan	3.07100	.026870	2
	Total	2.50717	.758380	6
1.5%	4X penambahan	2.86250	.071418	2
	6X penambahan	3.00100	.062225	2
	8X penambahan	2.92900	.031113	2
	Total	2.93083	.076332	6
Total	4X penambahan	2.12500	.606843	6
	6X penambahan	2.58517	.581977	6
	8X penambahan	2.71100	.452805	6
	Total	2.47372	.579143	18

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: digliserida

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_fed	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	14.46550	.065761	2
	6X penambahan	13.64500	.203647	2
	8X penambahan	14.11050	.144957	2
	Total	14.07367	.385772	6
1%	4X penambahan	12.30800	.291328	2
	6X penambahan	13.63300	.070711	2
	8X penambahan	14.14850	.060104	2
	Total	13.36317	.860158	6
1.5%	4X penambahan	13.68950	.171827	2
	6X penambahan	13.91200	.156978	2
	8X penambahan	12.21400	.408708	2
	Total	13.27183	.851792	6
Total	4X penambahan	13.48767	.989519	6
	6X penambahan	13.73000	.184732	6
	8X penambahan	13.49100	1.008494	6
	Total	13.56956	.781529	18

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: trigliserida

konsentrasi_katalis	frekuensi_penambahan_ferred	Mean	Std. Deviation	N
0.5%	4X penambahan	33.76750	.393858	2
	6X penambahan	30.25700	.359210	2
	8X penambahan	34.80700	.998435	2
	Total	32.94383	2.191749	6
1%	4X penambahan	28.25850	.357089	2
	6X penambahan	27.26700	.104652	2
	8X penambahan	32.84550	.393858	2
	Total	29.45700	2.672918	6
1.5%	4X penambahan	40.25900	.342240	2
	6X penambahan	38.29800	.370524	2
	8X penambahan	42.47600	.128693	2
	Total	40.34433	1.884065	6
Total	4X penambahan	34.09500	5.380214	6
	6X penambahan	31.94067	5.108120	6
	8X penambahan	36.70950	4.577633	6
	Total	34.24839	5.135852	18