

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Transformator 3 Phasa

Transformator 3 phasa suatu peralatan tenaga listrik yang memegang peran penting dalam sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan). Dalam operasi umumnya, trafo-trafo tenaga ditanahkan pada titik netralnya sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan atau proteksi, sebagai contoh transformator 150/70 kV ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV, dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan di sisi netral 20 kV nya. Sebagaimana halnya dengan komponen-komponen lain dari rangkaian distribusi, rugi rugi energi dan turun tegangan yang disebabkan arus listrik yang mengalir menuju beban merupakan penentuan untuk pemilihan dan lokasi transformator. ¹



Gambar 2.1 Transformator 3 Phasa²

Transformator tenaga dapat di klasifikasikan menurut :

a. Pasangan :

1. Pasangan dalam.

¹ Abdul Kadir, "Tranformator Distribusi", Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik, 2000, p.150.

² *Ibid.*



2. Pasangan luar.

b. Pendinginan

Menurut cara pendinginannya ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Sistem Pendingin Transformator³

No.	Macam Sistem Pendingin	MEDIA			
		Didalam transformator		Diluar transformator	
		Sirkulasi alami	Sirkulasi paksa	Sirkulasi alami	Sirkulasi paksa
1.	AN	-	-	Udara	-
2.	AF	-	-	-	Udara
3.	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4.	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5.	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6.	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7.	OFWF	-	Minyak	-	Air
8.	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9.	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10.	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11.	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

c. Fungsi atau Pemakaian

1. Transformator mesin
2. Transformator Gardu Induk
3. Transformator Distribusi

Untuk mempermudah pengawasan dalam operasi trafo dapat dibagi menjadi trafo besar, trafo sedang, dan trafo kecil.

2.2 Cara Kerja dan Fungsi Tiap-tiap Bagian

Suatu transformator terdiri atas beberapa bagian yang mempunyai fungsi masing-masing :

2.2.1 Bagian utama⁴

1. Inti besi

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi

³ AD Poerba, "Sistem Pendinginan Transformator", *Transformator*, 2011, p. 30.

⁴ <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener36b.html> Diakses pada tanggal 22 Januari 2014

tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh “*Eddy Current*”.

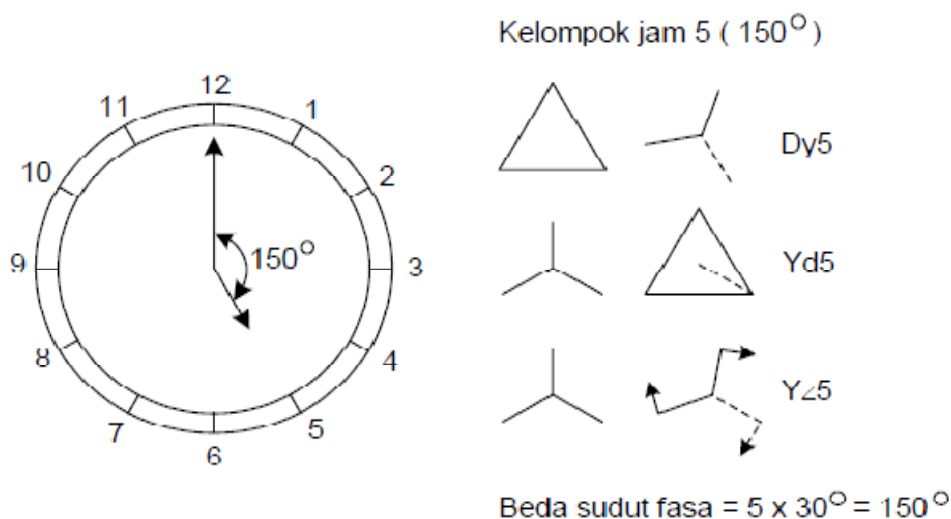
2. Kumparan trafo

Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain.

Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan atau arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluksi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaian beban) maka akan mengalir arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

Transformator 3 fasa dua kumparan memiliki beberapa macam konfigurasi kumparan. Apabila dilihat dari jenis penyusunan kumparan antar fasa maka ada tiga macam tipe kumparan yaitu kumparan star (Y), kumparan delta (Δ) dan kumparan zig-zag (Z).

Selain dibagi atas berbagai hubungan diatas, hubungan tersebut masih dibagi lagi menjadi beberapa jenis, sesuai dengan besarnya pergeseran fasa, yang dikenal sebagai bilangan jam. Adapun pembagian grup atau kelompoknya adalah berdasarkan penunjukan jarum jam dari vektornya.



Gambar 2.2 Bilangan Jam⁵

⁵ JH Sitorus, Vektor Group, *Transformator*, 2010, p.30.



3. Kumparan tertier

Kumparan tertier diperlukan untuk memperoleh tegangan tertier atau untuk kebutuhan lain. Untuk kedua keperluan tersebut, kumparan tertier selalu dihubungkan delta. Kumparan tertier sering dipergunakan juga untuk penyambungan peralatan bantu seperti kondensator *synchrone*, kapasitor *shunt* dan *reactor shunt*, namun demikian tidak semua trafo daya mempunyai kumparan tertier.

4. Minyak trafo

Sebagian besar trafo tenaga kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan bersifat pula sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Kekuatan isolasi tinggi.
2. Penyalur panas yang baik dengan berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
3. Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik.
4. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan.
5. Tidak merusak bahan isolasi padat.
6. Sifat kimia yang stabil.



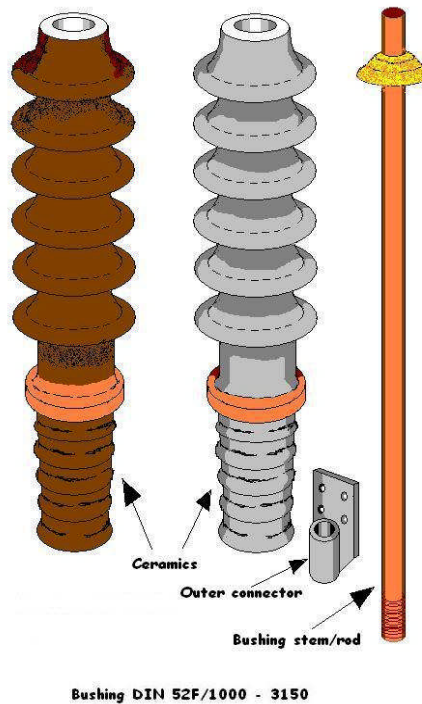
Gambar 2.3 Minyak Transformator⁶

⁶ <http://ptpribumiintiselarar.indonetwork.co.id/> Diakses Pada Tanggal 1 Maret 2014



5. Bushing

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah *bushing* yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Gambar 2.4 Bushing⁷

6. Tangki dan Konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuatan minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.

2.2.2 Peralatan Bantu

1. Pendingin

Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi di dalam trafo, maka untuk mengurangi

⁷ <http://stefanuswindarhariadi.wordpress.com/2011/04/26/aksesori-transformator/> Diakses Pada Tanggal 29 Mei 2014



kenaikan suhu yang berlebihan tersebut trafo perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar trafo.

Media yang digunakan pada sistem pendingin dapat berupa udara atau gas, minyak dan air. Pengalirannya (sirkulasi) dapat dengan cara :

1. Alamiah (*natural*)
2. Tekanan atau paksaan (*forced*)
3. Perubah Tap (*Tap Changer*)

Tap Changer adalah perubah perbandingan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder sesuai yang diinginkan dari tegangan jaringan atau primer yang berubah-ubah. *Tap changer* dapat dilakukan baik dalam keadaan berbeban (*on-load*) atau dalam keadaan tak berbeban (*off load*), tergantung jenisnya.

2. Alat pernapasan

Karena pengaruh naik turunnya beban trafo maupun suhu udara luar, maka suhu minyakpun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari dalam tangki, sebaliknya bila suhu minyak turun, minyak menyusut maka udara luar akan masuk ke dalam tangki.

Kedua proses di atas disebut pernapasan trafo. Permukaan minyak trafo akan selalu bersinggungan dengan udara luar yang menurunkan nilai tegangan tembus minyak trafo, maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi tabung berisi kristal zat *hygroskopis*.

3. Indikator

Untuk mengawasi selama trafo beroperasi, maka perlu adanya indikator pada trafo sebagai berikut :

1. Indikator suhu minyak.
2. Indikator permukaan minyak.
3. Indikator sistem pendingin.
4. Indikator kedudukan tap.



2.3 Ketidak Seimbangan Beban⁸

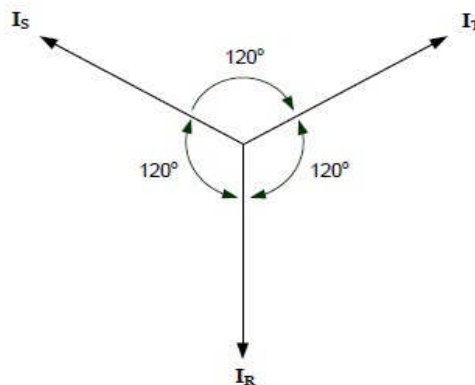
Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana :

1. Ketiga vektor arus atau tegangan sama besar.
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain.

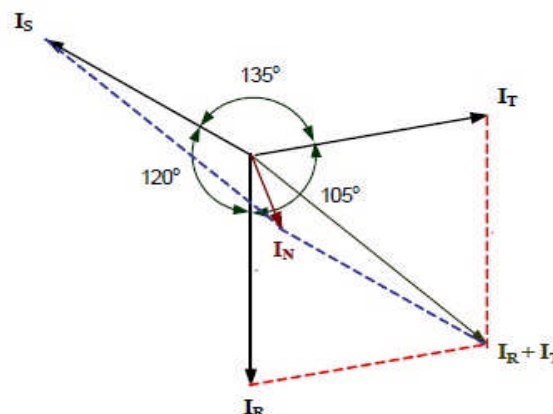
Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi.

Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu :

1. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain



Gambar 2.5 Vektor Diagram Arus Seimbang⁹



Gambar 2.6 Vektor Diagram Arus Tak Seimbang¹⁰

⁸ Julius Sentosa Setiadji, et al., "Ketidakseimbangan Beban", *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi*, 6, 2006, p. 69.

⁹ Ibid

¹⁰ Ibid



Gambar 2.5 menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) adalah sama dengan nol sehingga tidak muncul arus netral (I_N). Sedangkan pada Gambar 2.6 menunjukkan vektor diagram arus yang tidak seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) tidak sama dengan nol sehingga muncul sebuah besaran yaitu arus netral (I_N) yang besarnya bergantung dari seberapa besar faktor ketidak seimbangannya.

2.4 Sifat Beban Listrik¹¹

Dalam suatu rangkaian listrik selalu dijumpai suatu sumber dan beban. Bila sumber listrik DC, maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, karena frekuensi sumber DC adalah nol.

Reaktansi induktif (X_L) akan menjadi nol yang berarti bahwa induktor tersebut akan *short circuit*. Reaktansi kapasitif (X_C) akan menjadi tak berhingga yang berarti bahwa kapasitif tersebut akan *open circuit*. Jadi sumber DC akan mengakibatkan beban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian. Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 sebagai berikut :

1. Beban Resistif

Beban resistif yang merupakan suatu resistor murni, contoh lampu pijar dan pemanas. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Bentuk gelombang dari tegangan resistor mempunyai fase yang sama persis dengan arus yang melalui resistor itu. Dapat dilihat nilai-nilainya yang ditunjukkan pada gambar 2.7 kemudian dibandingkan antara nilai arus dengan nilai tegangannya (nilai-nilai pada titik tertentu ini biasanya disebut dengan *instantaneous value* yang berarti nilai pada waktu tertentu atau sesaat). Ketika nilai sesaat dari arus adalah nol, maka nilai tegangan sesaat pada waktu itu juga nol.

¹¹ <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/01/teori-dasar-listrik.html> Diakses Pada Tanggal 27 Maret 2014



Begitu juga saat arus mencapai puncak yang positif, nilai tegangan pada saat itu juga mencapai puncak positif. Dalam semua titik-titik itu, hukum Ohm berlaku untuk menentukan hubungan antara nilai arus dan tegangan.

Secara matematis dinyatakan :

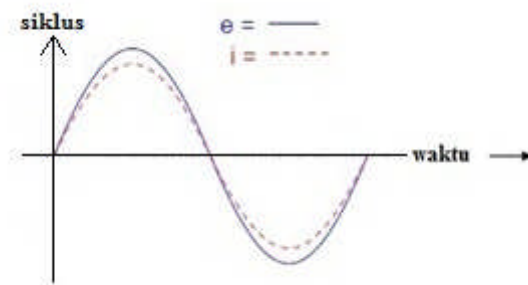
$$\text{Rumus : } R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.1)^{12}$$

Dimana :

R = Beban Resistif (Ohm)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)



Gambar 2.7 Arus dan tegangan pada beban resistif¹³

2. Beban Induktif

Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti biasanya inti besi, contoh : motor – motor listrik, induktor dan transformator. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0 – 1 “lagging”. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAR). Arus tertinggal dari tegangan sebesar ϕ° .

Secara matematis dinyatakan :

$$\text{Rumus : } X_L = 2\pi fL \dots\dots\dots (2.2)^{14}$$

Dimana :

X_L = Reaktansi induktif (Ohm)

¹² *Ibid*

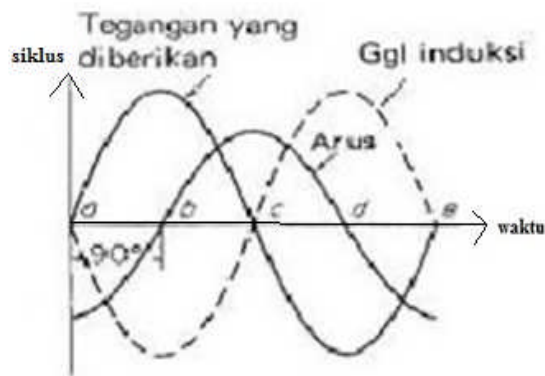
¹³ <http://elkaasik.com/rangkaian-induktif-ac/> Diakses Pada Tanggal 27 Maret 2014

¹⁴ http://mouslemikhwan.blogspot.com/2012_09_01_archive.html Diakses Pada Tanggal 27 Maret 2014



f = Frekuensi (Hz)

L = Induktansi (Henry)



Gambar 2.8 Arus, tegangan dan GGL induksi beban induktif¹⁵

3. Beban Kapasitif

Beban kapasitif adalah beban yang mengandung suatu rangkaian kapasitor. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0 – 1 “leading”. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan mengeluarkan daya reaktif (kVAR). Arus mendahului tegangan sebesar ϕ° .

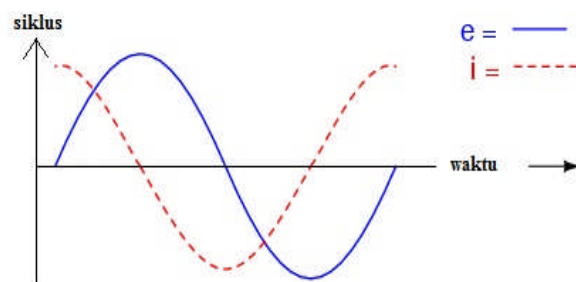
Secara matematis dinyatakan :

Rumus: $\text{---} \dots\dots\dots (2.3)^{16}$

X_C = Reaktansi kapasitif (Ohm)

f = Frekuensi (Hz)

C = Kapasitansi (Farad)



Gambar 2.9 Arus dan tegangan pada beban kapasitif¹⁷

¹⁵ *Ibid*

¹⁶ *Ibid*

¹⁷ *Ibid*



2.5 Segitiga Daya

Daya listrik adalah besar energi listrik yang ditransfer oleh suatu rangkaian listrik tertutup. Daya listrik sebagai bentuk energi listrik yang mampu diubah oleh alat-alat pengubah energi menjadi berbagai bentuk energi lain, misalnya energi gerak, energi panas, energi suara, dan energi cahaya.

Daya listrik dibagi dalam tiga macam, yaitu daya nyata, daya semu dan daya reaktif.

2.5.1 Daya Nyata (P)

Daya nyata merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan peralatan – peralatan listrik.

Besar daya nyata satu fasa adalah :

$$P = V I \cos \theta \dots\dots\dots(2.4)^{18}$$

Sedangkan untuk tiga fasa adalah:

$$P = \sqrt{3} V I \cos \theta \dots\dots\dots(2.5)^{19}$$

Keterangan :

P = Daya Nyata (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Amper)

$\cos \theta$ = Faktor Daya

2.5.2 Daya Semu (S)

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

Besar daya semu satu fasa adalah:

$$S = V I \dots\dots\dots(2.6)^{20}$$

Sedangkan besar daya semu tiga fasa adalah :

$$S = \sqrt{3} V I \dots\dots\dots(2.7)^{21}$$

¹⁸ T. Saragih, "Daya Dan Faktor Daya", *Daya Listrik*, 2011, p.15.

¹⁹ *Ibid*

²⁰ <https://duniatehnikku.wordpress.com/2011/01/05/981/> Diakses Pada Tanggal 29 Mei 2014



Keterangan:

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

2.5.3 Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas.

Besar daya reaktif satu fasa adalah :

$$Q = V I \sin \theta \dots\dots\dots(2.8)^{22}$$

Sedangkan Besar daya reaktif tiga fasa adalah :

$$Q = \sqrt{3} V I \sin \theta \dots\dots\dots(2.9)^{23}$$

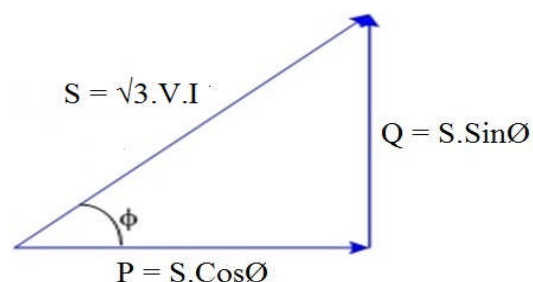
Keterangan :

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Dari penjelasan ketiga macam daya diatas, dikenal juga sebagai segitiga daya. Dimana definisi umum dari segitiga daya adalah suatu hubungan antara daya nyata, daya semu, dan daya reaktif, yang dapat ditunjukkan hubungannya pada gambar bentuk segitiga berikut ini :



Gambar 2.10 Segitiga Daya

²¹ <https://duniatehnikku.wordpress.com/2011/01/05/981/> Diakses Pada Tanggal 29 Mei 2014

²² Saragih, loc.cit.

²³ Saragih, loc.cit.



dimana :

P = Daya Nyata (Watt)

S = Daya Semu (VA)

Q = Daya Reaktif (VAR)

2.6 LabSoft²⁴

LabSoft adalah *user interface* yang diperlukan untuk mengoperasikan *UniTrain-I*, sebuah platform eksperimen yang memungkinkan akses ke semua media laboratorium *UniTrain-I* :

1. Jendela navigasi dengan struktur pohon untuk tampilan dan pemilihan langsung dari semua program *UniTrain-I*.
2. Melakukan percobaan termasuk dokumentasi, evaluasi dan penyimpanan hasil pengukuran.
3. Virtual instrumen untuk pengukuran *real-time*
 - a. Voltmeter dan ammeter
 - b. *Dual-channel storage oscilloscope*
 - c. Fungsi, pulsa dan gelombang generator
 - d. *Three - Way AC* atau *DC power supply*
 - e. *Power supply* tiga fasa
4. Desain sirkuit dan simulasi *software*

2.7 Unitrain-I Interface²⁵

UniTrain-I Interface adalah unit pusat dari sistem *UniTrain-I* menyediakan *input*, *output*, *relay* dan peralatan pengukuran yang diperlukan untuk percobaan. *Interface* ini berisi mikroprosesor sendiri dan *chip* memori untuk data yang diukur. *USB interface* untuk menghubungkan perangkat keras eksperimen ke komputer dan mentransfer data diukur untuk komputer dan penyesuaian data ke antarmuka. Hal ini juga memungkinkan untuk memperbarui *firmware* (antarmuka sistem operasi) pada setiap saat melalui *port USB*.

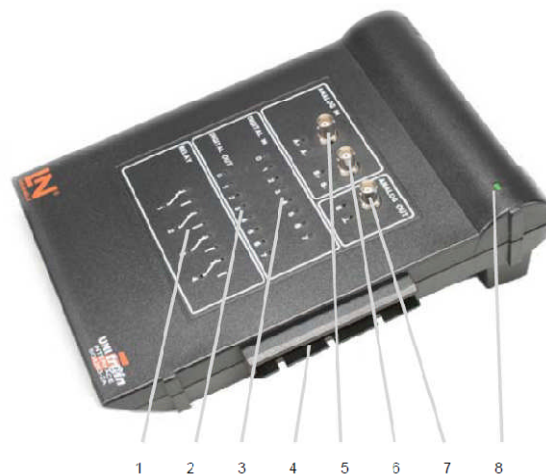
²⁴ LN, "Unitrain-I Software", *Unitrain-I Multimedia Desktop Lab*, 2, p.10.

²⁵ Lucas-Nuelle Team, "Interface control elements and connections", *UniTrain-I System*, 3, 20, p.3.

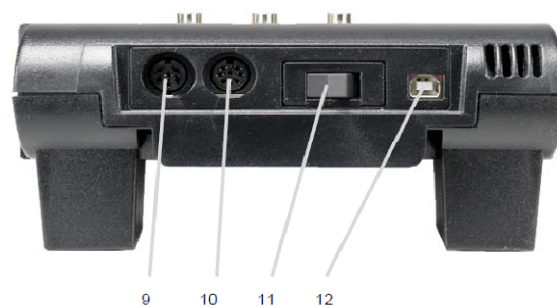


Gambar 2.11 Unitrain-i Interface²⁶

A. Elemen Kendali *Interface* dan Koneksi



Gambar 2.12 Interface²⁷



Gambar 2.13 Interface (tampak samping)²⁸

²⁶ *Ibid.*, 7.

²⁷ *Ibid*

²⁸ *Ibid*



B. Keterangan :

1. *Relay field*

Relai dapat digunakan untuk tugas-tugas umum *switch*, misalnya untuk pemakaian sebuah kapasitor. Dari total 8 *relay*, 4 pertama terhubung ke 2-mm *socket* untuk percobaan untuk ditransfer secara manual. Ditunjukkan pada gambar 2.14.

Peringatan: Untuk *Eurocards* dengan kemampuan simulasi kesalahan, *input* tegangan ke *relay* dapat mengakibatkan kerusakan.

2. *Digital output D0 ke D7*

Dari total 16 *output* digital, 8 pertama terhubung ke 2-mm *socket* untuk percobaan ditransfer secara manual. *Common earth* untuk *output* digital tersedia di eksperimen (bagian E7) atau bidang keluaran analog (bagian I7).

3. *Digital input D0 ke D7*

Dari total 16 *input* digital, 8 pertama terhubung ke 2-mm *socket* untuk percobaan ditransfer secara manual. *Common earth* untuk *input* digital tersedia di eksperimen (bagian E7) atau *output analog* (bagian I7).



Gambar 2.14 Interface Relay²⁹

²⁹ *Ibid.*, 8



4. Pin terminal strip

Tabel 2.2 Pin Terminal Strip³⁰

Description of 96-pin terminal strip			
Pin	Row A	Row B	Row C
1	Internal interface RxD	Digital input bit 0	GND
2	Internal interface TxD	Digital input bit 1	GND
3	NC	Digital input bit 2	Data bus1 bit 0
4	NC	Digital input bit 3	Data bus1 bit 1
5	NC	Digital input bit 4	Data bus1 bit 2
6	NC	Digital input bit 5	Data bus1 bit 3
7	Fault switch 8 NO contact	Digital input bit 6	Data bus1 bit 4
8	Fault switch 8 changeover contacts	Digital input bit 7	Data bus1 bit 5
9	Fault switch 8 NC contact	Digital input bit 8	Data bus1 bit 6
10	Fault switch 7 NO contact	Digital input bit 9	Data bus1 bit 7
11	Fault switch 7 changeover contacts	Digital input bit 10	Data bus1 bit 8
12	Fault switch 7 NC contact	Digital input bit 11	Data bus1 bit 9
13	Fault switch 6 NO contact	Digital input bit 12	Data bus2 bit 0
14	Fault switch 6 changeover contacts	Digital input bit 13	Data bus2 bit 1
15	Fault switch 6 NC contact	Digital input bit 14	Data bus2 bit 2
16	Fault switch 5 NO contact	Digital input bit 15	Data bus2 bit 3
17	Fault switch 5 changeover contacts	Digital output bit 0	Data bus2 bit 4
18	Fault switch 5 NC contact	Digital output bit 1	Data bus2 bit 5
19	Fault switch 4 NO contact	Digital output bit 2	Data bus2 bit 6
20	Fault switch 4 changeover contacts	Digital output bit 3	Data bus2 bit 7
21	Fault switch 4 NC contact	Digital output bit 4	Data bus2 bit 8
22	Fault switch 3 NO contact	Digital output bit 5	Data bus2 bit 9
23	Fault switch 3 changeover contacts	Digital output bit 6	COM variable voltages
24	Fault switch 3 NC contact	Digital output bit 7	Variable voltage V3
25	Fault switch 2 NO contact	Digital output bit 8	Variable voltage V2
26	Fault switch 2 changeover contacts	Digital output bit 9	Variable voltage V1
27	Fault switch 2 NC contact	Digital output bit 10	Reserved IRDA TX
28	Fault switch 1 NO contact	Digital output bit 11	Reserved IRDA RX
29	Fault switch 1 changeover contacts	Digital output bit 12	-15V
30	Fault switch 1 NC contact	Digital output bit 13	15V
31	+5V	Digital output bit 14	GND
32	+5V	Digital output bit 15	+15V

5. Analog differential amplifier input - BNC socket dan simultaneously 2-mm socket A + dan A-.
6. Analog differential amplifier input - BNC socket dan simultaneously 2-mm socket B + dan B-.

³⁰ Ibid., 9



7. *Analog output* kecepatan tinggi - *BNC socket* dan *simultaneously 2-mm socket* S dan GND. *Output* analog biasanya digunakan untuk fungsi *generator*. - *BNC socket* dan *simultaneously 2-mm socket* S dan GND atau *grounding* . *Output* analog biasanya digunakan untuk fungsi *generator*.
8. *Display Status*
Lampu LED menyala ketika tersedia sumber dari *power supply*.
9. *Connection to extended power supply SO4203-2D*
extended power supply hanya diperlukan untuk eksperimen dengan menggunakan *output* V1, V2 dan V3.
10. *Connection of main power supply SO4203-2A*
Power supply utama harus terhubung ke *Interface* dan memberikan tegangan terisolasi untuk elektronik *interface* sendiri serta untuk percobaan. *Output* tegangan untuk percobaan juga tersedia dari eksperimen tersebut.
11. *On* atau *off switch*
Sebuah *on* atau *off switch* *Interface* dari pasokan daya dari SO4203-2A dan pasokan listrik SO4203-2D.
12. Koneksi ke *port USB*
Untuk mengoperasikan *Vis* pada komputer, *port USB* diperlukan. Menghubungkan *interface* ke komputer menggunakan kabel USB yang tersedia.

2.8 UniTrain-I Experimenter



Gambar 2.15 Unitrain-I Experimenter³¹

³¹ <https://www.lucas-nuelle.com/1004/pid/7408/apg/3667/UniTrain-I-Experimenter-----.htm>
Diakses Pada 25 April 2014



UniTrain-I Experimenter untuk kopling ke *UniTrain-I Interface* atau modul Eksperimen lainnya.

A. Peralatan :

1. Menghubungkan ke *UniTrain-I Interface* dan peneliti tambahan melalui *UniTrain-I bus*.
2. Koneksi bus *UniTrain-I* untuk kartu percobaan.
3. Koneksi langsung ke standar *UniTrain-I power supply* untuk digunakan tanpa *UniTrain-I Interface*.
4. Tegangan tetap dan variabel tersedia melalui 8-2 mm *socket*.
5. Mengakomodasi *UniTrain-I experiment cards*.
6. Mengakomodasi *breadboard* untuk eksperimen dengan komponen diskrit dan sirkuit terpadu.
7. Mengakomodasi *multimeter* menggunakan *IrDa Interface*.
8. Dimensi: 28 x 19 x 9 cm.
9. Berat: 0,5 kg.



Gambar 2.16 Experimenter³²

B. Keterangan Gambar :

1. Tombol penanda masuknya *experiment card*.
2. 96-pin terminal strip untuk menghubungkan kartu percobaan
3. 96-pin terminal strip untuk menghubungkan *interface* ke *experimenter* atau intervensi lainnya.

³² Lucas-Nuelle, *op.cit.*, p.11.



4. *Breadboard seating (SO4203-2C)*

Papan percobaan (SO4203-2C) dipegang dengan *lugs* berada di sisi kanan. Dimasukkan ke *breadboard* (dalam tempat eksperimen) sehingga *lugs* ditekan ke dalam lubang yang sesuai dalam eksperimen dan sedemikian rupa sehingga seluruh papan tempat *breadboard* terpakai dengan sempurna.

5. Jalur kartu percobaan *UniTrain-I*

Kartu percobaan *UniTrain-I* dimasukkan ke jalur dari atas sampai anda mendengar dan merasakan kartu benar-benar mengikuti ke jalur penempatannya.

Peringatan: Saat kartu dilepaskan, hanya mencapai di bawah sisi kiri kartu karena kalau tidak anda bisa melukai jari pada interface IrDa.

6. Tiga variabel tegangan *output* V1, V2 dan V3 dengan *COM common earth*.

Output daya ini dapat diatur DC, AC dan unit suplai 3 Phasa. Berbeda dengan unit catu daya konvensional untuk bolak-balik atau arus tiga phasa, yang menggunakan *fixed-ratio* atau transformator variabel, kemungkinan untuk menyesuaikan baik amplitudo dan frekuensi. Untuk memastikan lintang maksimum saat melakukan eksperimen, *power supply* ini benar-benar terisolasi elektrik dari seluruh sistem *UniTrain-I*.

7. Untuk mengoptimalkan efisiensi tegangan *output* digunakan unit *switched-mode power supply*. Untuk mencapai hal ini, tegangan *output* dioperasikan dalam modus *switch* pada frekuensi tinggi dan lebar pulsa termodulasi sesuai dengan gelombang yang diinginkan dan frekuensi. Tiga-fase LC filter merekonstruksi tegangan *output* frekuensi rendah yang diinginkan dan menekan modulasi frekuensi tinggi atau frekuensi *clock*.

7. 96-pin *terminal strip* untuk menghubungkan ke *experimenter* lain.

8. *Output* tegangan tetap

9. *Recess* untuk multimeter

10. Inframerah *interface* dengan pemancar dan penerima dioda

11. *Display Status*

12. Koneksi untuk standar unit suplai daya *experimenter* juga dapat dioperasikan tanpa *interface*. Untuk memasok tegangan tetap untuk percobaan, unit catu

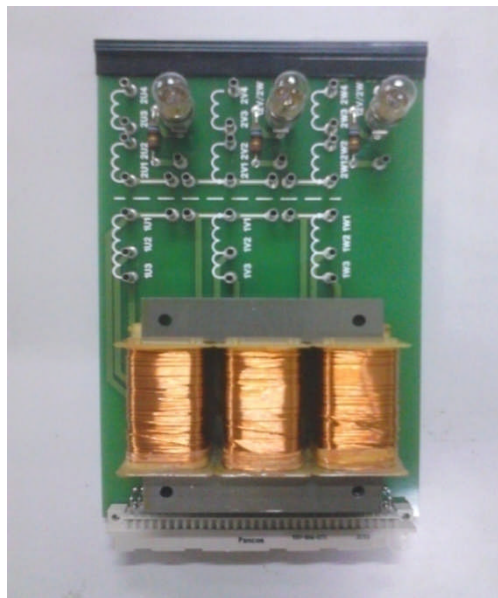


daya standar dapat dihubungkan ke socket E 11 di samping. Kemudian tiga tegangan tetap +15 V, +5 V dan -15V tersedia melalui strip terminal dan 2-mm socket. Jika experimenter harus dihubungkan ke *Interface*, hubungan ini tidak tersedia karena unit *power supply* standar sudah terhubung ke *interface*.



Gambar 2.17 Experimenter (tampak samping)³³

2.9 Experiment Card “Transformer Circuit”



Gambar 2.18 Experiment Card³⁴

³³ Lucas-Nuelle, *op.cit.* p.11.

³⁴ http://www.teachingfluidmechanics.com/624/Courses/Courses_with_experiment_cards/Electrical_machines/Three-phase_transformer.html Diakses Pada Tanggal 25 April 2014



Kartu percobaan transformator tiga fasa, dengan 12 lilitan dan *tapping* untuk studi satu fasa dan transformator tiga fasa, terdapat juga 3 lampu indikator dengan batas kemampuan 12 volt, sirkuit transformator, beban tiga fasa, dapat digunakan juga untuk hubungan bintang, delta dan *zig-zag*. Disertai juga dengan CD-ROM program *Labsoft* dan mode pembelajaran yang menarik.

2.8.1 Isi Pembelajaran

1. Prinsip transformator.
2. Studi karakteristik beban transformator satu fasa, untuk satu kuadran dan empat kuadran operasi.
3. Pengukuran arus dan tegangan di bawah beban atau kondisi tanpa beban.
4. Studi rasio transformasi.
5. Setara sirkuit diagram.
6. Studi dari tiga fasa transformator.
7. Studi berbagai tiga fasa sirkuit transformator dan pengaruhnya terhadap beban atau operasi tanpa beban.
8. Studi berbagai sirkuit dengan beban tidak seimbang.
9. Penentuan tegangan arus pendek.

2.10 Auxiliary Card “Shunt”



Gambar 2.19 Auxiliary Card³⁵

³⁵ Lucas-Nuelle Team GmbH, “UniTrain-I measurement accessories, shunts and connection Cables”, *Electrical Engineering/Electronics (UniTrain-I)*, p.9.



Shunt resistor pada sebuah papan PCB, untuk pengukuran arus menggunakan analog. merupakan *input* dari sistem *UniTrain-I* dengan 6 *Shunt resistor*: 2 x 1 ohm, 2 x 10 ohm, 2 x 100 ohm. Terdapat *print screen* simbol untuk mengidentifikasi resistor, tegangan tap dan arus *input*, dengan *socket*: 24 x 2 mm-*socket* dan dimensi: 100 x 40 mm.

2.11 *Unitrain-I Extended Power Supply 2D*



Gambar 2.20 *Unitrain-I Extended Power Supply*³⁶

Sebuah unit catu daya tambahan untuk sistem *UniTrain-I*. *Power supply* unit ini digunakan selain untuk unit catu daya dasar di mana tegangan variabel yang lebih tinggi (AC) disesuaikan dengan daya (DC) yang tinggi pula, atau sistem arus tiga fasa dengan frekuensi variabel dan amplitudo yang diperlukan untuk percobaan. Sebuah catu daya *extended* memerlukan program berikut: SO4206-1B - *EloTrain course 2*: AC dan teknologi DC. *Interface UniTrain-I* diperlukan untuk fungsi pembangkit tenaga listrik. Penyesuaian dilakukan dengan instrumen virtual.

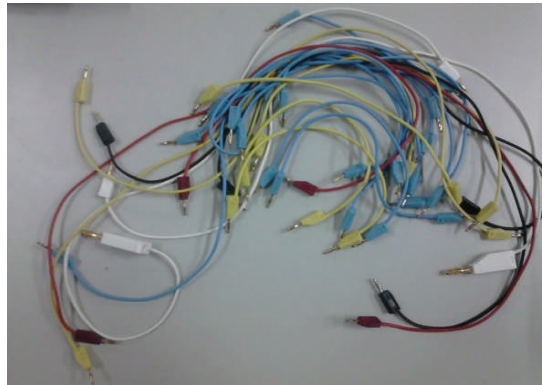
A. Spesifikasi

1. *Input* utama: 100 - 250 V AC, 50 - 60 Hz via IEC *socket* (perangkat non-dipanaskan) dan termasuk kabel listrik.
2. *Output*: 2 x 24 V / 2 A melalui kabel approx. 2 m panjang dengan 6-pin DIN *socket*.
3. Dimensi: 187 x 100 x 76 mm (L x W x H).
4. Berat: 1,3 kg.

³⁶ Ibid., 8.



2.12 Unitrain-I Set of Cables



Gambar 2.21 Kabel Unitrain-I³⁷



Gambar 2.22 Konektor Plug³⁸

Set kabel koneksi 2mm (22 pcs) untuk *UniTrain-I* terdiri dari:

1. 8 x *connection leads* 2mm, 15cm, biru.
2. 4 x *connection leads* 2mm, 15cm, kuning.
3. 2 x *connection leads* 2mm, 45cm, hitam.
4. 2 x *connection leads* 2mm, 45cm, kuning.
5. 2 x *connection leads* 2mm, 45cm, merah.
6. 2 x *connection leads* 2mm, 45cm, biru.
7. 2 x *adaptor connection leads* 4mm 2mm, 50cm, warna putih.
8. *Connection Plug* 2mm/5mm (10 pcs).
9. 2-mm konektor colokkan, jarak *plug* 5 mm, warna putih.

³⁷ Lucas-Nuelle Team GmbH, loc.cit

³⁸ Lucas-Nuelle Team GmbH, loc.cit