

ANALISIS SISTEM TENAGA LISTRIK

MOHON

ALAT KOMUNIKASI

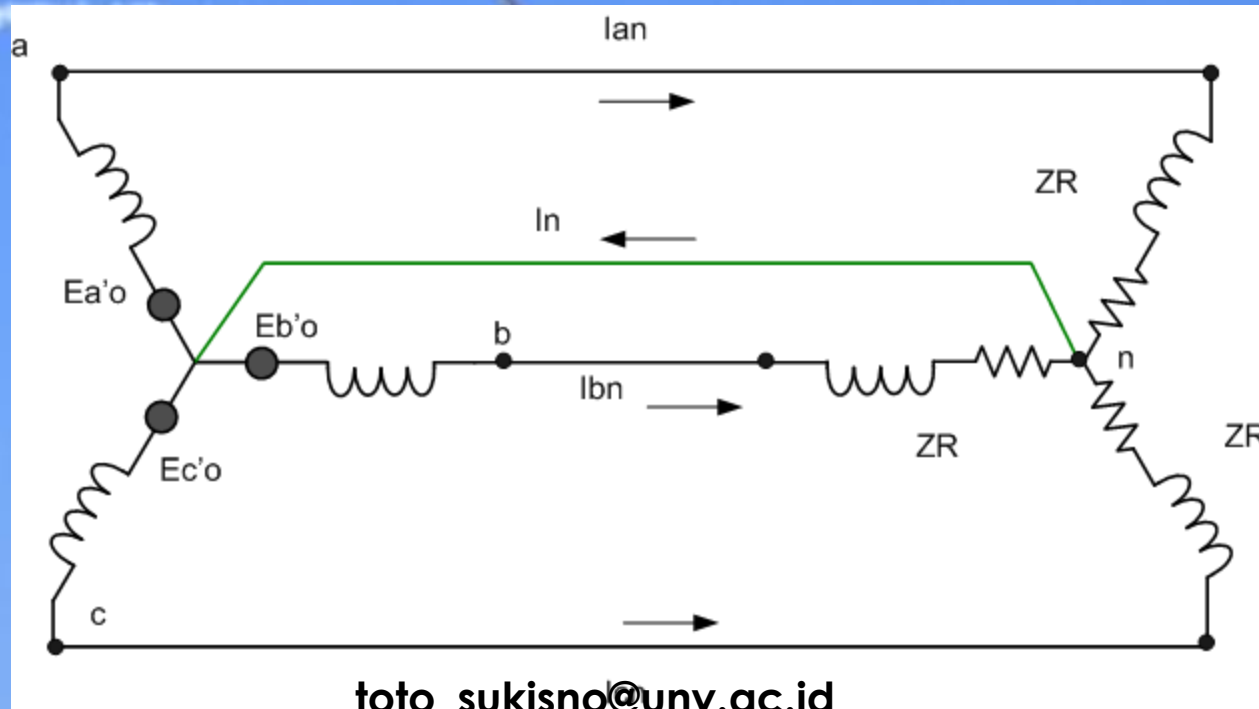


**DI NON AKTIFKAN/
DIGETARKAN**

TEGANGAN DAN ARUS DALAM RANGKAIAN TIGA-FASA YANG SEIMBANG

Sistem tenaga listrik biasanya disuplai oleh generator berfasa tiga. Biasanya generator-generator mensuplai beban-beban berfasa tiga yang seimbang, yang berarti bahwa pada ketiga fasa tersebut terdapat beban-beban yang identik .

Gambar berikut memperlihatkan sebuah generator dengan hubungan Y yang netralnya ditandai o , mensuplai suatu beban yang juga terhubung Y dan seimbang, serta netralnya ditandai n .



Ilustrasi



Contoh :

Jika besarnya masing-masing 100 V dan $E_{a'o}$ diambil sebagai pedoman, maka

$$E_{a'o} = 100 \angle 0^\circ \text{ V} \quad E_{b'o} = 100 \angle 240^\circ \text{ V}$$

$$E_{c'o} = 100 \angle 120^\circ \text{ V}$$

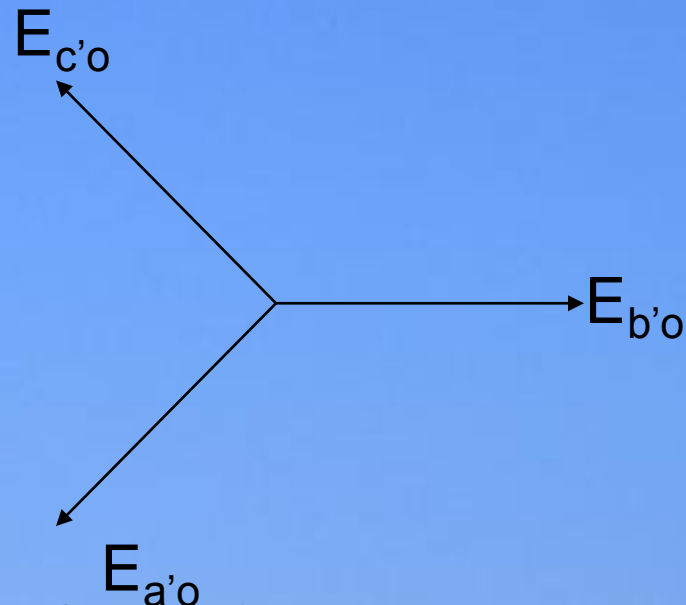
asal saja urutan fasa adalah *abc*, yang berarti bahwa $E_{a'o}$ adalah mendahului 120° terhadap $E_{b'o}$ dan $E_{b'o}$ sendiri mendahului lagi 120° terhadap $E_{c'o}$. Diagram rangkaian tidak memberikan indikasi apa pun tentang fasa, tetapi gambar di atas memperlihatkan emf-emf tersebut di atas dengan urutan fasa *abc*.

Pada terminal-terminal generator (dan dalam hal ini juga pada beban) tegangan–tegangan terminal ke netral adalah:

$$V_{ao} = E_{a'o} - I_{an} Z_g$$

$$V_{bo} = E_{b'o} - I_{bn} Z_g$$

$$V_{co} = E_{c'o} - I_{cn} Z_g$$



- Pemecahan soal dalam rangkaian tiga fasa yang seimbang sebenarnya tidak perlu kita bekerja dengan seluruh diagram rangkaian tiga fasa
- Untuk pekerjaan ini sudah cukup jika kita misalkan adanya suatu hubungan netral dalam impedansi nol yang dilalui oleh jumlah dari arus-arus tiga fasa, dimana untuk kondisi seimbang jumlah arus tersebut adalah juga nol. Selanjutnya jawaban soal diperoleh dengan menerapkan hukum tegangan kirchoff sepanjang suatu jalur tertutup dimana termasuk didalamnya sebuah fasa dan netral.

- Karena o dan n berada pada potensial yang sama maka V_{ao}, V_{bo}, V_{co} berturut-turut sama dengan V_{an}, V_{bn}, V_{cn} dan arus-arus saluran (yang sama dengan arus-arus fasa untuk suatu konfigurasi $-Y$) adalah

$$I_{an} = \frac{E_{a'o}}{Z_g + Z_R} = \frac{V_{an}}{Z_R}$$

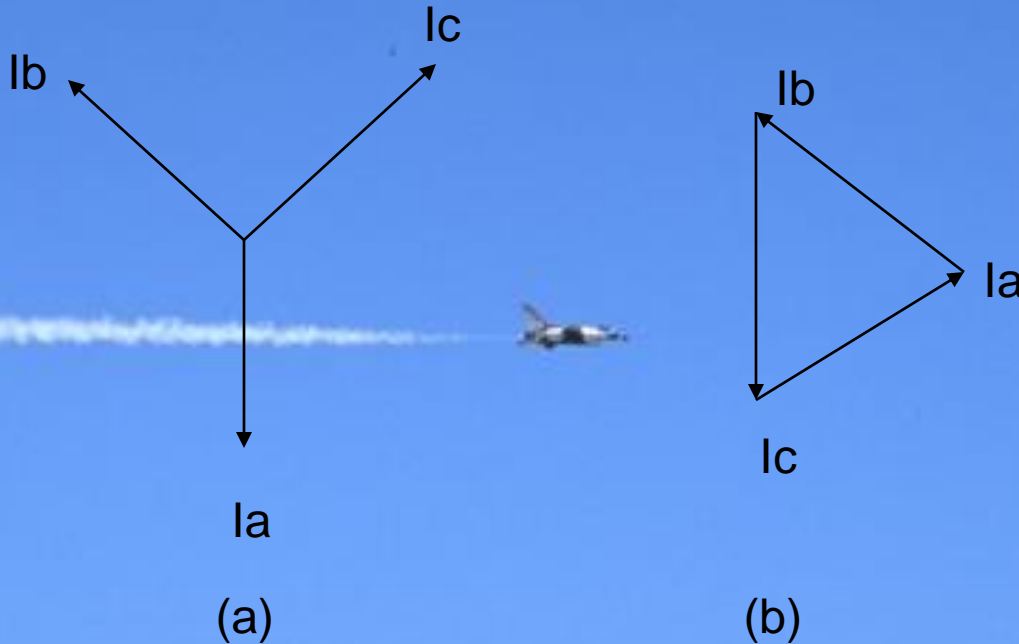
$$I_{bn} = \frac{E_{b'o}}{Z_g + Z_R} = \frac{V_{bn}}{Z_R}$$

$$I_{cn} = \frac{E_{c'o}}{Z_g + Z_R} = \frac{V_{cn}}{Z_R}$$

- Tegangan-tegangan antar saluran (line-to-line voltages) adalah V_{ab}, V_{bc}, V_{ca} . Dengan mengikuti jalan dari a ke b lewat n didalam rangkaian, diperoleh:

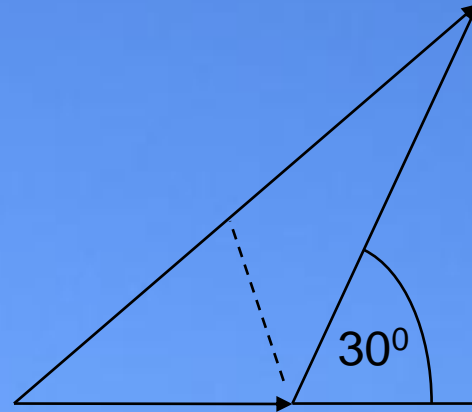
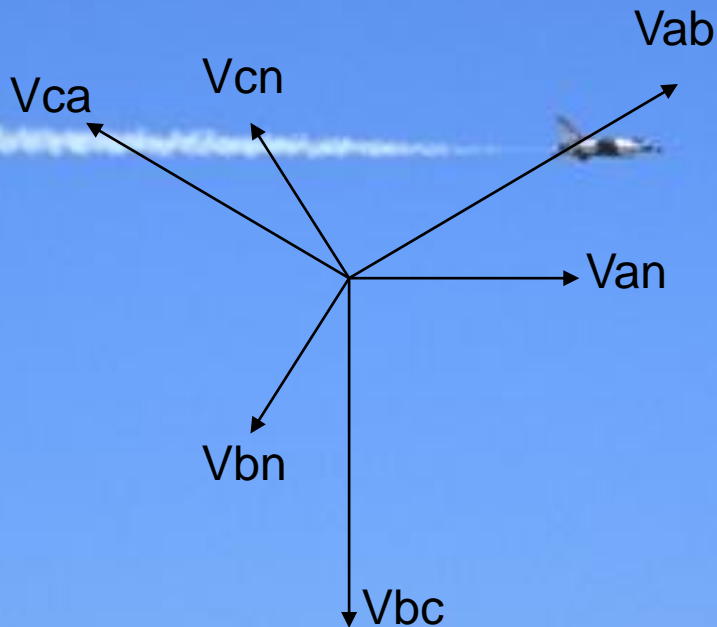
$$V_{ab} = V_{an} + V_{nb} = V_{an} - V_{bn}$$

Diagram phasor arus beban tiga fasa yang seimbang:



- (a) phasor-phasor digambar mulai suatu dari titik bersama;
- (b) penjumlahan phasor-phasor(a) sehingga membentuk segitiga tertutup

Gambar 2.17. diagram phasor dan tegangan-tegangan Pada rangkaian tiga fasa yang seimbang



Contoh 2.2

- Dalam suatu rangkaian tiga fasa seimbang, tegangan V_{ab} adalah $173,2\angle 0^\circ$ V. Tentukanlah seluruh tegangan dan arus-arus dalam suatu beban yang terhubung Y dengan $Z_L = 10\angle 20^\circ \Omega$. Misalkan saja fasa adalah abc

Solusi

- Diagram fasor dari tegangan-tegangan dilukiskan seperti terlihat dalam gambar 2.19 dan dari sini dapat ditentukan bahwa

$$V_{ab} = 173,2 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$V_{an} = 100 \angle -30^\circ \text{ V}$$

$$V_{bc} = 173,2 \angle 240^\circ \text{ V}$$

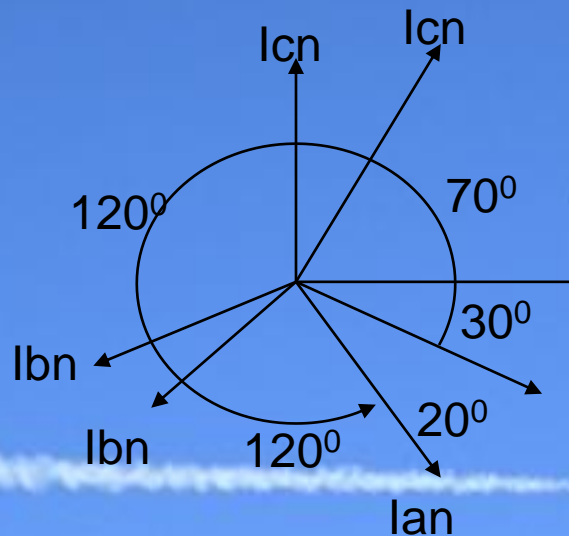
$$V_{bn} = 100 \angle 270^\circ \text{ V}$$

$$V_{ca} = 173,2 \angle 120^\circ \text{ V}$$

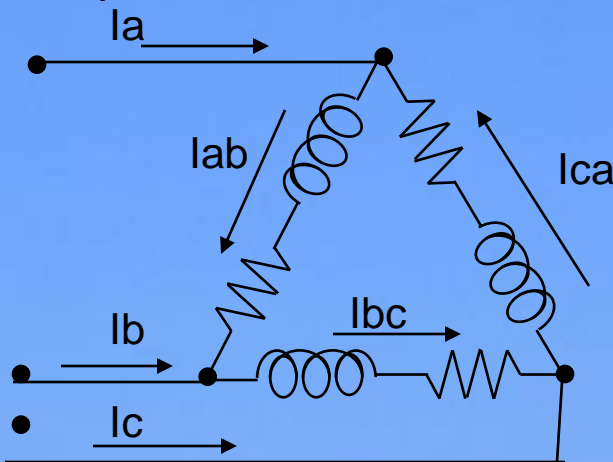
$$V_{cn} = 100 \angle 90^\circ \text{ V}$$

- Masing-masing arus adalah tertinggal 20° terhadap tegangan pada impedansi beban dan besarnya masing-masing arus adalah 10 A. gambar 2.20 adalah diagram fasor dari arus-arus
- $I_{an} = 10 \angle -50^\circ \text{ A}$ $I_{bn} = 10 \angle 190^\circ \text{ A}$ $I_{cn} = 10 \angle 70^\circ \text{ A}$
- Beban-beban yang seimbang sering dihubungkan dalam konfigurasi Δ , seperti terlihat pada gambar 2.21. kami persilahkan pembaca untuk membuktikan bahwa besarnya sebuah arus saluran seperti I_a misalnya adalah sama dengan $\sqrt{3}$ kali besarnya arus fasa seperti I_{ab} dan bahwa adalah tertinggal 30° terhadap

Rangkaian Gambar

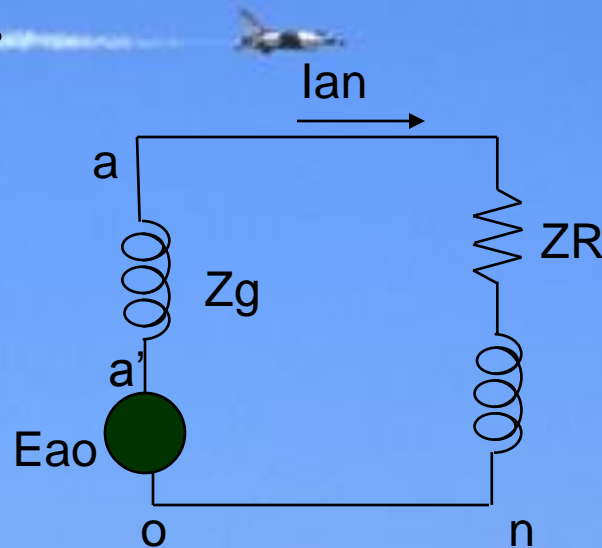


2.20. diagram phasor dari arus-arus untuk soal di atas



Gambar 2.21. diagram rangkaian dari beban tiga fasa yang dihubungkan $-\Delta$.

- Jalur tertutup ini diperlihatkan dalam gambar 2.22. rangkaian ini adalah ekuivalen fasa-tunggal untuk rangkaian dari gambar 2.13.



Gambar 2.22. satu fasa dari rangkaian gambar 2.13.

Contoh

- tegangan terminal dari sebuah beban terhubung -Y yang terdiri dari tiga impedansi-impedansi yang sama dari $20\angle 30^\circ \Omega$ adalah 4,4 kv antar saluran. Impedansi dari masing-masing saluran dari ketiga saluran-saluran yang menghubungkan beban ke rel dari sebuah substation adalah Z_L adalah $1,4\angle 75^\circ \Omega$.

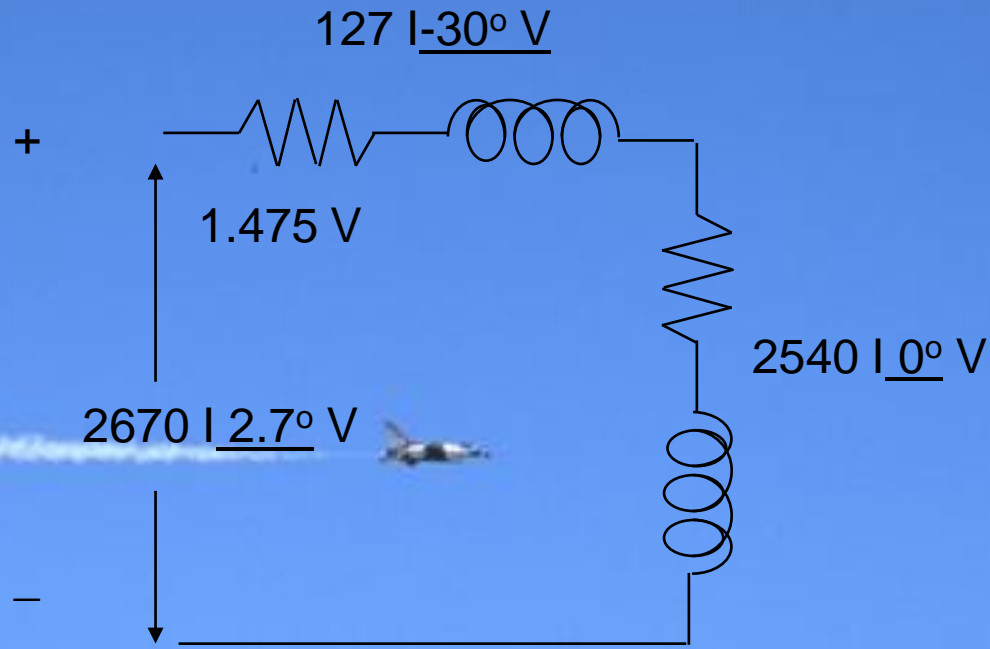


Diagram rangkaian dengan nilai-nilai untuk contoh di atas

- Besarnya tegangan ke netral pada beban adalah $\sqrt{4400/3} = 2540$ V. jika V_{an} , yaitu tegangan pada beban dipilih sebagai referensi maka

$$V_{an} = 2540 \angle 0^\circ \text{ V} \quad \text{dan} \quad I_{an} = \frac{2540 \angle 0^\circ}{20 \angle 30^\circ} = 127,0 \angle -30^\circ \text{ A}$$

- Tegangan saluran ke netral pada substation adalah

$$V_{an} + I_{an}Z_L = 2540 \angle 0^\circ + 127,0 \angle -30^\circ \times 1,4 \angle 75^\circ$$

$$= 2540 \angle 0^\circ + 177,8 \angle 45^\circ$$

$$2666 + j125,7 = 2670 \angle 2,70^\circ \text{ V}$$

dan besarnya tegangan pada rel substation adalah

- $\sqrt{3} \times 2,67 = 4,26$ kV

BESARAN PER UNIT

- Saluran-saluran transmisi tenaga dioperasikan pada level tegangan tertentu, biasanya kilovolt merupakan unit yang memudahkan untuk menyatakan tegangan.
- Tetapi, kuantitas-kuantitas tersebut bersama-sama dengan ampere dan ohm sering juga dinyatakan sebagai suatu presentase atau perunit dari suatu nilai dasar atau pedoman yang ditentukan untuk masing-masing. Misalnya jika sebagai tegangan dasar yang dipilih 120 kV, maka tegangan-tegangan dari 108, 120 dan 126 kV berturut-turut menjadi 0,90, 1,00 dan 1,05 per unit atau 90, 100 dan 105%.

- Kesimpulannya, Besaran per unit adalah perbandingan antara besaran sebenarnya dengan besaran dasar.
- Tujuan penggunaan besaran per unit adalah mengurangi beban komputasi dalam proses analisis pada sistem tenaga listrik (menyederhanakan proses perhitungan)

Rumus-rumus untuk hubungan bermacam-macam kuantitas :

➤ Arus dasar A =
$$\frac{\text{Dasar } kVA_{1\theta}}{\text{Tegangan } kV_{L-N}}$$

➤ Impedansi dasar =
$$\frac{\text{Tegangan Dasar, } V_{L-N}}{\text{Arus Dasar, } A}$$

➤ Impedansi dasar =
$$\frac{\text{Tegangan Dasar, } (kV_{L-N})^2 \times 1000}{\text{Dasar } kVA_{1\theta}}$$

➤ Impedansi dasar =
$$\frac{\text{Tegangan Dasar, } (kV_{L-N})^2}{\text{Dasar } MVA_{1\theta}}$$

- Daya dasar, kW1 Φ = dasar kVA1 Φ
- Daya dasar, MW1 Φ = dasar MVA1 Φ
- Impedansi per unit = $\frac{\text{Impedansi Sebenarnya, } \Omega}{\text{Impedansi Dasar, } \Omega}$

Contoh Per Unit

- Suatu contoh dengan angka-angka akan memperjelas hubungan-hubungan yang baru saja dibicarakan. Misalnya, jika $kVA_{3\Phi}$ dasar = 30,000 kVA dan kV_{LL} dasar = 120 kV, dimana subscript-subscript 3Φ dan LL berturut-turut berarti “tiga fasa” dan antar “saluran” maka $kVA_{1\Phi}$ dasar = $30,000 / 3 = 10,000$ kVA dan

$$kV_{L-N} \text{ dasar} = 120 / \sqrt{3} = 69,2 \text{ kV}$$

- Untuk tegangan antar saluran yang sebenarnya sebesar 108 kV, tegangan dari saluran ke netral adalah $108 / \sqrt{3} = 62,3$ kV, dan

- Tegangan per-unit = $108 / 120 = 62,3 / 69.2 = 0,90$
- Untuk daya tiga-fasa total sebesar 18,000 kW, daya perfasa adalah 6000 kW, dan Daya per unit = $18,000 / 30,000 = 6000 / 10,000 = 0,6$

- Impedansi dasar dan arus dasar dapat langsung dihitung dari nilai-nilai tiga fasa untuk kilovolt dasar dan kilovoltampere dasar. Bila kita mengartikan bahwa kilovolt-ampere dasar dan tegangan dasar dalam kilovolt dan kilo volt ampere dasar untuk total 3 fasa dan tegangan dasar antar saluran, maka:

$$\text{Arus dasar} = \frac{\text{kVA}_{3\theta} \text{ dasar}}{\sqrt{3} \text{ tegangan dasar, } kV_{LL}}$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{\left(\text{tegangan dasar, } kV_{LL} / \sqrt{3} \right)^2 \times 1000}{(kVA_{3\theta} / 3) \text{ dasar}}$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\text{tegangan dasar, } kV_{LL})^2 \times 1000}{kVA_{3\theta} \text{ dasar}}$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\text{tegangan dasar, } kV_{LL})^2}{MVA_{3\theta} \text{ dasar}}$$

$$Z_{\text{baru per menit}} : Z_{\text{diberikan per unit}} \frac{(kV_{\text{diberikan dasar}})^2}{kV_{\text{baru dasar}}} \times \frac{(kV_{\text{baru dasar}})^2}{kV_{\text{diberikan dasar}}}$$

Selamat Belajar

toto_sukisno@uny.ac.id