



---

---

## MENGURANGI GANGGUAN KEDIP TEGANGAN PADA PERALATAN INDUSTRI

*Rafael Sianipar*

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

Jalan Kiai Tapa No. 1 Jakarta Barat 11440

*E-mail: Rafael@trisakti.ac.id*

### **ABSTRACT**

*Voltage flicker disturbance is one form of power quality disturbances that are considered most likely to cause losses due to the disruption of the operation of various processes in the industry, especially industries using control equipment, modern power electronics and data processing, which are generally very sensitive to voltage variations. Losses incurred as a result of the disorder is relatively large, including the form of damage to the product, damage to the means of production and cessation of production. This disorder usually caused by the occurrence of the interference of the transmission and distribution networks, as well as the installation of the consumer or industry itself. Therefore, the discussion and understanding of the characteristics of voltage flicker disturbances and sensitivity of industrial equipment for the disorder, which is the issue of this writing, expected to be useful in determining the electrical power quality criteria can be agreed well by the corporate who manage the electricity in Indonesia and industrial or manufacturing as the users.*

**Keywords:** *voltage dip, voltage variation, sensitivity.*

### **ABSTRAK**

*Gangguan kedip tegangan adalah salah satu bentuk gangguan kualitas tenaga listrik yang dianggap paling sering menyebabkan kerugian akibat terganggunya pengoperasian berbagai proses di industri, khususnya industri yang menggunakan peralatan kontrol, elektronika daya modern dan pengolahan data, yang umumnya sangat sensitif terhadap variasi tegangan. Kerugian yang timbul akibat gangguan tersebut relatif cukup besar, diantaranya berupa kerusakan produk, kerusakan alat-alat produksi bahkan terhentinya produksi. Gangguan ini umumnya disebabkan oleh terjadinya gangguan pada jaringan transmisi dan distribusi, maupun pada instalasi dari konsumen atau industri itu sendiri. Oleh karenanya, pembahasan dan pemahaman tentang karakteristik gangguan kedip tegangan dan sensitivitas peralatan industri terhadap gangguan tersebut, yang merupakan inti dari penulisan ini, diharapkan dapat bermanfaat dalam menentukan kriteria kualitas tenaga listrik yang dapat disepakati baik oleh pengelola kelistrikan di Indonesia, maupun industri atau pabrikan sebagai pengguna tenaga listrik tersebut.*

**Kata kunci:** *kedip tegangan, variasi tegangan, sensitivitas.*

---

---

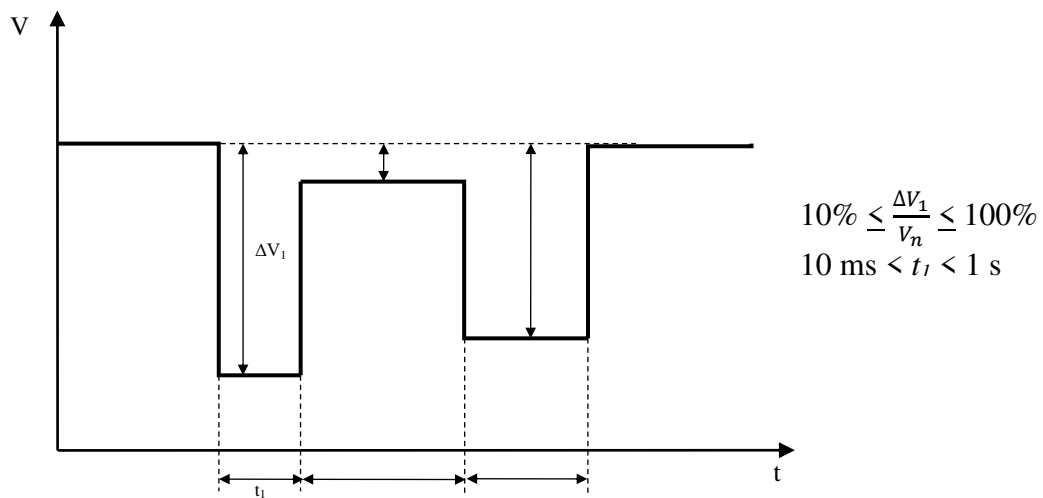
## 1. PENDAHULUAN

Salah satu indikator mutu listrik adalah mutu tegangan yang dirasakan di terminal konsumen. Gangguan di saluran transmisi atau penyulang yang berdekatan dengan penyulang yang memasok instalasi industri dapat mengakibatkan *voltage sags* dan ketidakseimbangan fase pada sistem sumber daya instalasi industri. Akibat gangguan itu, beban-beban sensitif di instalasi industri tersebut boleh jadi secara otomatis terlepas dari jaringan, disebabkan oleh kerja sistem-sistem otomatis atau peralatan proteksi yang ada. *Voltage sags* ataupun *voltage dips* (variasi tegangan sumber yang cukup besar) merupakan salah satu parameter mutu listrik yang sangat menjadi perhatian konsumen, karena dapat membawa dampak merugikan pada operasi instalasi listriknya. Bahkan bagi konsumen listrik di negara-negara industri, *voltage sags* dirasakan pula oleh konsumen rumah tangga sebagai hal yang mengganggu kenyamanan mereka dalam memanfaatkan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari. Dalam makalah ini, pembahasan difokuskan pada masalah mutu tegangan, yang pada akhir-akhir ini menjadi wacana yang cukup serius di kalangan konsumen listrik, khususnya konsumen industri yang mempergunakan mesin atau peralatan sensitif dalam kegiatan produksinya.

## 2. PENGERTIAN DASAR GANGGUAN KEDIP TEGANGAN

Gangguan kedip tegangan didefinisikan sebagai fenomena penurunan amplitudo tegangan ( $\Delta V$ ) terhadap harga nominalnya selama interval waktu  $t$  ( $0,5 - 30$  cycles), akibat bekerjanya peralatan pengaman karena gangguan yang terjadi, baik pada jaringan transmisi atau distribusi maupun pada instalasi konsumen atau industri, yang dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 1 pada halaman berikut.

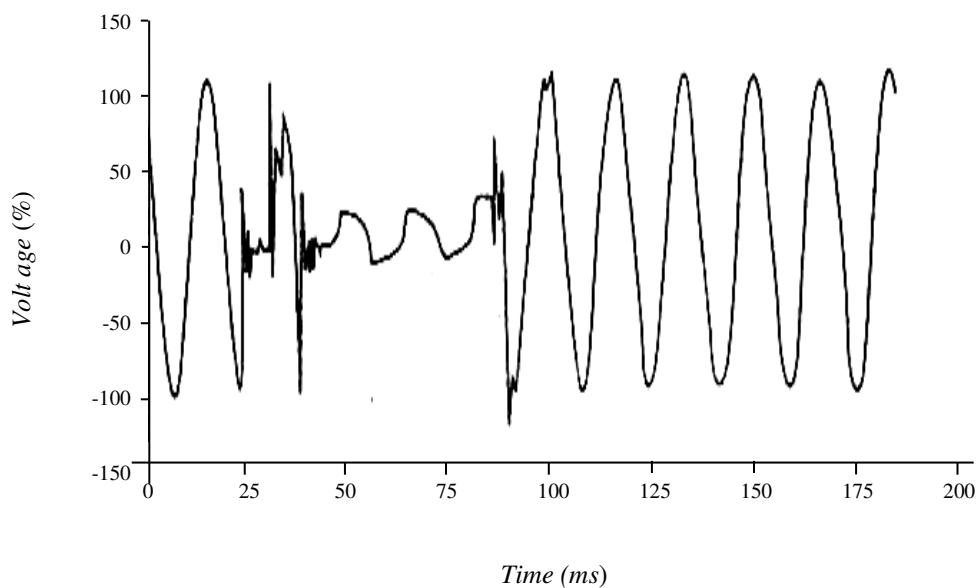
Dengan kata lain, gangguan kedip tegangan adalah perbedaan nilai efektif tegangan dengan nilai nominalnya, selama selang waktu terjadinya gangguan. Perbedaan nilai tegangan tersebut berkisar antara 10% - 100% tegangan nominal dengan interval waktu berkisar antara 10 milidetik – ratusan milidetik. Gangguan kedip tegangan akan hilang segera setelah bekerjanya pemutus tenaga (PMT).



Gambar 1. Kurva gangguan kedip tegangan

### 3. PENYEBAB TIMBULNYA GANGGUAN KEDIP TEGANGAN

*Voltage dips* adalah fenomena *drop* tegangan yang terjadi secara tiba-tiba sementara peralatan masih terhubung ke pemasok energi. *Drop* tegangan ini biasanya disebabkan oleh gangguan atau perubahan beban yang tiba-tiba. Pada Gambar 2 diperlihatkan contoh tipikal *voltage dips* bila hantaran listrik dengan beban yang besar saat mengalami suatu gangguan hubung singkat.



Gambar 2. *Voltage dips* akibat gangguan satu fase ke tanah [1]

Sebuah sirkuit pelayanan motor dimana saat motor di *start* secara langsung pada tegangan penuh akan timbul *drop* tegangan atau *voltage sag* dalam penghantar. Jatuh tegangan yang diakibatkan oleh arus asut dari motor induksi, tergantung pada ukuran motor, faktor dayanya waktu diasut, impedansi sistemnya dan cara mengasutnya [2], yang dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}\Delta V &= E_k - E_t \\ &= I \cdot R \cos \varphi_{as} + I \cdot X \sin \varphi_{as}\end{aligned}\quad (1)$$

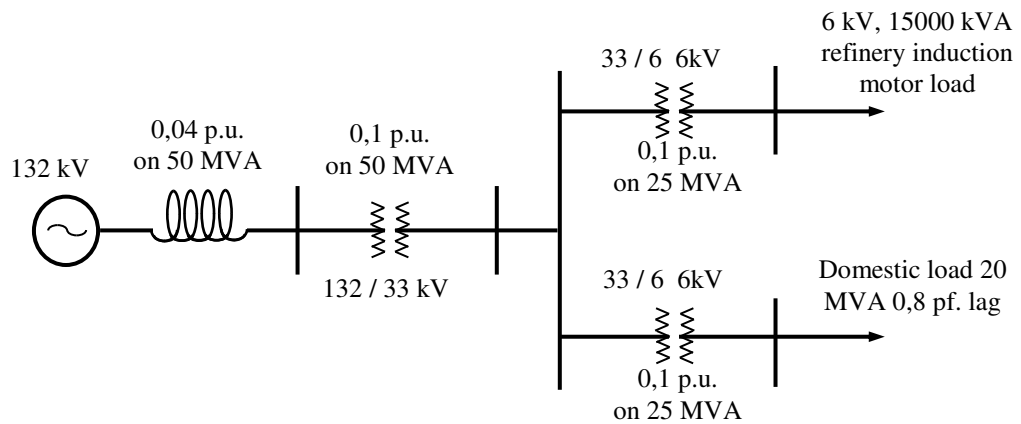
dengan  $E_k$  adalah tegangan *supply*, fase ke netral,  $E_t$  adalah tegangan beban, fase ke netral,  $I$  adalah arus asut motor,  $R$  adalah tahanan sistem,  $X$  adalah reaktansi sistem,  $\cos \varphi_{as}$  adalah faktor daya beban pada waktu mengasut

Jatuh tegangan dalam persen seperti persamaan (2):

$$\frac{\Delta v}{V_f} 100\% = \frac{\sqrt{3}(I \cdot R \cdot \cos \varphi_{as} + I \cdot \sin \varphi_{as})}{E_{JJ}} 100\% \quad (2)$$

dengan  $E_{JJ}$  adalah tegangan jala-jala.

Pada waktu mengasut, umumnya diambil faktor daya 0,3 dan besarnya arus asut motor berkisar antara 4 sampai 7 kali arus beban nominalnya (biasanya 5 kali dari nominalnya bila tidak ada ketentuan lainnya). *Drop* tegangan akibat pengasutan motor-motor besar di industri dan *drop* tegangan akibat gangguan hubung singkat di sistem tenaga umumnya hanya terjadi selama beberapa milidetik dan kemudian tegangan normal kembali. Gejala terakhir ini dikenal sebagai kedip tegangan (*voltage dip* atau *voltage sag*). Gambar 3 menunjukkan suatu sistem tenaga listrik dari sebuah industri pengolahan baja yang akan mengalami *voltage sag* akibat sebuah motor induksi besar di-*start* secara langsung pada tegangan penuh [3].



Gambar 3. Sistem tenaga melayani motor penggerak industri [3].

Arus motor pada saat di *start* umumnya lima kali arus nominal yaitu:

$$\begin{aligned}
 I_{st} &= 5 \cdot I_n \\
 &= 5 \cdot \frac{KVA \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot V_L} \\
 &= 5 \cdot j \frac{15000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6000} \\
 &= -j7210 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Sebelum motor di *start*, tegangan beban domestik adalah:

$$V_L = 1 - I_L \cdot Z \tag{3}$$

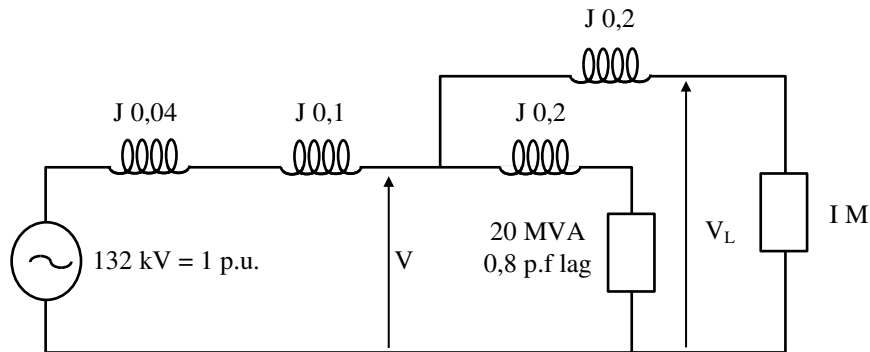
dimana:

$$Z = j0,34 \text{ pu.}$$

Z adalah total impedansi penghantar per unit, maka arus beban pada  $\cos\phi = 0,8 \text{ lag}$ :

$$\begin{aligned}
 I_l &= \frac{20 \times 10^6}{\sqrt{3} \cdot 6000} \\
 &= 1920 \text{ A}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Berdasarkan rangkaian ekivalen sistem tenaga seperti Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Rangkaian ekivalen sistem tenaga

Dengan arus dasar pada sisi tegangan 6,6 kV:

$$I_{base} = \frac{50 \times 10^6}{\sqrt{3} \cdot 6600}$$

$$= 4380 \text{ A}$$

Maka arus beban dalam per unit adalah:

$$I_L(pu) = \frac{1920}{4380}$$

$$= 0,4380 \text{ pu} \cdot \cos\phi$$

$$= 0,8 \text{ lag}$$

Dan tegangan beban  $V_L$ :

$$V_L = 1 - 0,438 (0,8 - j0,6)(j0,04 + j0,1 + j0,2)$$

$$= 1 - (0,089 + j0,119)$$

$$= 0,911 - j0,119 \text{ pu}$$

atau

$$|V_L| = 0,913$$



Sehingga arus start motor induksi adalah:

$$\begin{aligned} I_{start} &= -\frac{j7210}{4380} \\ &= -j1,645 \text{ pu} \end{aligned}$$

Sehingga tegangan beban domestik saat motor di *start* adalah:

$$\begin{aligned} V_L &= 1 - (j0,04 + j0,1)[0,438(0,8 - j0,6) - j1,645] - j0,2[0,438(0,8 - j0,6)] \\ &= 0,68 - j0,119 \text{ pu} \end{aligned}$$

atau

$$|V_L| = 0,689 \text{ pu}$$

Akibat besarnya arus *start* motor tersebut, maka penurunan tegangan yang besar akan terjadi pada terminal beban dari 0,913 pu ke 0,689 pu atau dari 6,03 kV ke 4,62 kV. Terlihat jelas bahwa terjadi guncangan pada titik beban bersama yang cukup besar yang disebut *voltage dips*. Setiap gangguan hubung singkat di penghantar akan menyebabkan kedip tegangan di penghantar tersebut, atau di penghantar lainnya, baik yang tersambung pada subsistem tegangan yang sama dengan penghantar yang terganggu tersebut, maupun pada subsistem tegangan lainnya setelah melalui transformator. Pada kasus pengasutan motor induksi, *voltage dip* terjadi karena arus pengasutan yang diperlukan motor dapat mencapai 5 kali arus nominal motor. Sebagai contoh, untuk motor dengan kapasitas daya 1 *horsepower*, membutuhkan kira-kira 1 kVA pada operasi normal. Apabila arus pengasutan 5 kali arus nominal, maka kVA yang diperlukan pada saat start adalah 5 kVA. Seandainya kapasitas motor 5% dari kapasitas transformator pemasok, maka kVA yang diserap oleh motor ketika *start* akan mencapai 25% dari *rating* transformator. Untuk transformator dengan impedansi 6% – 7%, *voltage dip* akan mencapai kira-kira 1%. *Drop* tegangan sedemikian ini sudah terasakan pada lampu *incandescent* dan mengganggu kenyamanan.

#### 4. SIFAT-SIFAT GANGGUAN KEDIP TEGANGAN

Kualitas tenaga listrik yang disuplai ke peralatan konsumen sangat tergantung pada mutu tegangan yang diterima pada terminal peralatan tersebut. Gangguan kedip tegangan, selain berpengaruh pada faktor penurunan amplitudo tegangan selama interval waktu tertentu, juga berpengaruh pada faktor ketidak seimbangan tegangan, bentuk gelombang dan pergeseran sudut fase. Pengetahuan tentang faktor-faktor tersebut diatas sangat menentukan dalam menganalisis unjuk kerja peralatan industri terhadap gangguan kedip tegangan.

##### a. Variasi amplitudo dan durasi

Hal ini umumnya dapat terjadi baik pada saat prosedur normal pengoperasian sistem tenaga listrik (misalnya *manuver* jaringan atau beban), maupun sebagai akibat bekerjanya peralatan pengaman yang terjadi pada suatu tempat di jaringan transmisi dan distribusi. Hasil penelitian/ pengukuran yang pernah dilakukan [4] telah menghasilkan estimasi karakteristik gangguan kedip tegangan, yang dari padanya dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

- Sebanyak 60% - 70% gangguan kedip tegangan yang terjadi besarnya tidak lebih dari 25% dari tegangan nominalnya.
- Sebanyak 70% - 80% dari gangguan kedip tegangan yang terjadi pada jaringan tegangan menengah, berlangsung dalam selang waktu yang tidak lebih dari 320 milidetik.
- Sementara itu 60% dari gangguan kedip tegangan, besarnya lebih kecil dari 25% dan lamanya kurang dari 320 milidetik.

##### b. Pergeseran fase

Penyebab utama terjadinya pergeseran sudut fase tegangan pada saat sebelum dan selama terjadinya gangguan kedip tegangan, antara lain adalah akibat perbedaan perbandingan rasio X/R dari sumber dan saluran yang mengalami gangguan, dan propagasi gangguan kedip tegangan yang disebabkan oleh gangguan hubung 1 (satu) fase ketanah. Yang paling umum adalah terjadinya pergeseran sudut fase sebesar  $30^\circ$  sebagai akibat dari hubungan transformator  $\Delta - Y$ . Fenomena pergeseran sudut fase tersebut sangat berpengaruh terhadap peralatan kontrol yang





umumnya mempergunakan teknologi elektronika daya (*power electronics*). Umumnya pengontrolan waktu pemicuan dari rangkaian penyalan *thyristor* menggunakan “*zero-crossing*” dari tegangan suplainya sebagai referensi. Bila terjadi pergeseran sudut fase (“*zero-crossing*”), dapat terjadi kesalahan pada urutan penyalan *thyristor* dan menyebabkan gangguan proses pengoperasian peralatan.

c. Ketidakseimbangan tegangan

Gangguan kedip tegangan paling sering terjadi pada saluran transmisi dan distribusi adalah akibat gangguan satu fase ke tanah, dimana tegangan salah satu fasenya menjadi nol. Pengaruhnya pada tegangan di bus konsumen tergantung hubungan transformator yang terdapat antara lokasi gangguan dan bus konsumen.

Tabel 1. Pengaruh hubungan transformator terhadap amplitudo tegangan, akibat hubung singkat 1 fase ke tanah [4]

Hubungan Transformator	Tegangan Antar Fase Pada Sisi Sekunder Transformator		
	$V_{ab}$	$V_{bc}$	$V_{ca}$
Y - Y	0,58	1,00	0,58
$\Delta$ - $\Delta$	0,58	1,00	0,58
Y - $\Delta$	0,33	0,88	0,88
$\Delta$ - Y	0,88	0,88	0,33

Dari Tabel 1 terlihat bahwa tegangan terendah adalah pada bus konsumen yang terhubung dengan transformator Y/ $\Delta$  dan  $\Delta$ /Y, besarnya tidak akan < 33% tegangan nominal, walaupun pada kondisi hubung singkat satu fase ke tanah yang terjadi di sisi primer.

## 5. PENGARUH KEDIP TEGANGAN TERHADAP KOMPONEN UTAMA INSTALASI LISTRIK INDUSTRI

Konsumsi energi dan inersia pada kontaktor peralatan kontrol dan PLC umumnya relatif kecil sehingga sangat sensitif terhadap gangguan kedip tegangan. Pada motor sinkron dan asinkron, konsumsi energi dan inersia umumnya besar, sehingga tidak terlalu sensitif terhadap gangguan kedip tegangan dibandingkan dengan peralatan sebelumnya.

a. Kontaktor

Kontaktor elektromekanik umumnya dapat mentolelir gangguan kedip tegangan sampai dengan 50% tegangan pengenalnya selama selang waktu beberapa puluh milidetik. Bila terjadi gangguan kedip tegangan, misalnya dengan amplitudo >50% dari tegangan pengenal dan berlangsung selama beberapa puluh milidetik, maka sirkuit kontrol akan menginstruksikan kontaktor untuk membuka.

b. Motor listrik

Gangguan kedip tegangan yang terjadi langsung pada terminal motor dapat menyebabkan terhentinya operasi motor tersebut. Oleh karenanya, pengenalan terhadap karakteristik motor-motor listrik dan pengaruh gangguan kedip tegangan yang langsung dirasakan pada terminalnya harus dilakukan untuk masing-masing jenis motor.

c. Motor sinkron

Induksi yang terjadi akibat arus belitan stator akan menimbulkan *force magneto motrice* yang berputar dengan kecepatan sinkron. Interaksi medan berputar stator dan rotor (yang belitannya mendapat suplai DC) memungkinkan pengaturan rotor untuk mencapai kecepatan sinkron. Sudut antara sumbu medan berputar stator dan sumbu rotor akan membesar, bila:

- pada tegangan konstan, terjadi kenaikan torsi beban,
- pada torsi beban konstan, terjadi penurunan dari tegangan suplai ke motor.

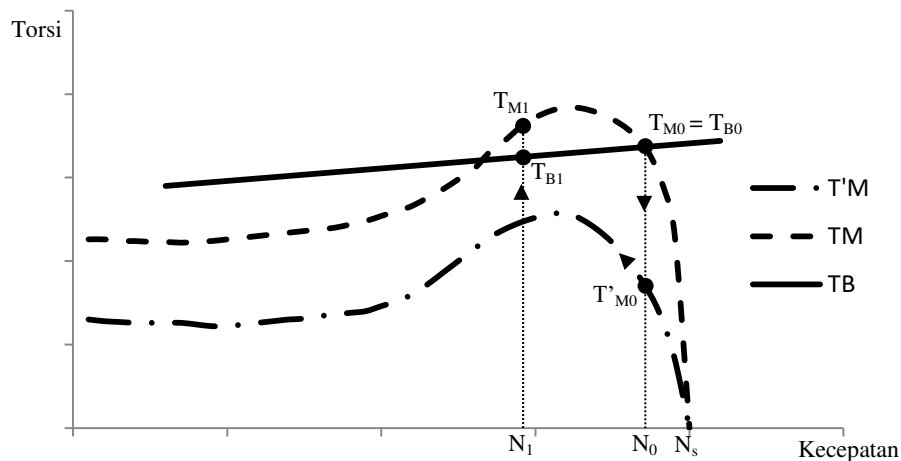
Bila terjadi variasi amplitudo tegangan yang sangat signifikan, maka sudut elektrik akan melampaui suatu harga dengan orde  $90^\circ$  dan mengakibatkan motor kehilangan sinkronisasi atau dengan kata lain terjadi gangguan stabilitas dinamik.

d. Motor asinkron

Untuk jenis mesin ini, faktor utama yang menyebabkan gangguan stabilitas adalah masalah keseimbangan torsi. Pada Gambar 5 merupakan kurva-kurva torsi sebagai fungsi dari kecepatan putar  $N$  yaitu:

- torsi motor  $T_M$  yang sesuai dengan tegangan pengenal  $V_N$ ,
- torsi  $T_M$  untuk harga tegangan  $V < V_N$ ,

- torsi beban  $T_B$

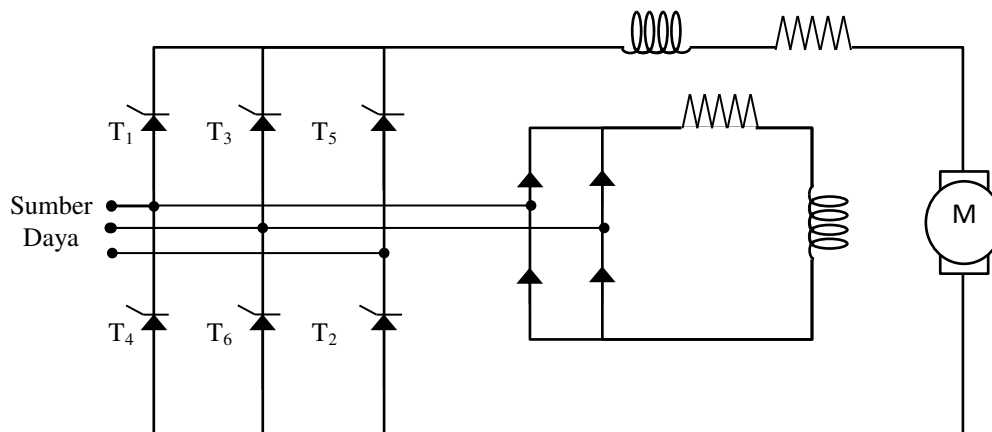


Gambar 5. Kurva torsi dan kecepatan motor asinkron

Bila terjadi gangguan kedip tegangan, torsi motor turun dengan tiba-tiba dari nilai  $T_{M0}$  menjadi  $T_{M0} < T_{B0}$ , akibatnya akan terjadi perlambatan pada motor dan bebannya. Pada saat tegangan kembali normal, nilai torsi motor akan berubah secara tiba-tiba menjadi  $T_{M1}$  demikian pula torsi beban berubah menjadi  $T_{B1}$ , akibatnya motor tidak akan dapat melakukan akselerasi untuk kembali pada kecepatan putar normalnya. Untuk mengatasi masalah tersebut biasanya diperlukan kondisi suplementer, sehingga perbedaan antara torsi motor dan torsi beban dapat mencapai harga yang memungkinkannya untuk kembali pada kecepatan putar normalnya tanpa menimbulkan efek panas yang berlebihan. Di sisi lain, harus pula diingat bahwa antara jaringan transmisi/ distribusi dan motor dipisahkan oleh suatu harga impedansi (saluran dan transformator). Sehingga pada saat tegangan suplai kembali normal, arus lebih yang terjadi pada motor dapat menyebabkan *drop* tegangan pada impedansi tersebut, sehingga motor tidak mungkin untuk dapat mencapai kembali kecepatan putar nominalnya, karena nilai torsi motor menjadi lebih kecil dari pada nilainya yang sesuai dengan nilai tegangan pengenalnya. Fenomena seperti ini umumnya terjadi pada instalasi yang mempergunakan banyak motor.

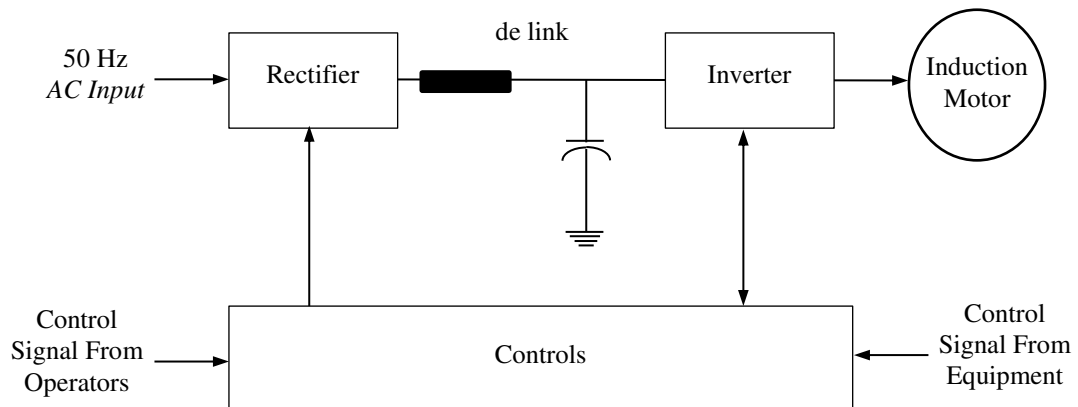
e. *Motor drive*

Aplikasi teknologi elektronika daya untuk kontrol dan pengaturan motor biasanya dikenal dengan nama *motor drive*, dan jenisnya sesuai dengan jenis motor yang digunakan yaitu *AC drive* dan *DC drive*. Pengaruh gangguan kedip tegangan pada *AC drive* terjadi akibat adanya ketidak seimbangan tegangan sesaat yang disebabkan oleh gangguan tersebut. Fenomena ini dapat menyebabkan *mal-operasi* pada *AC drive* ataupun bekerjanya peralatan proteksi akibat besarnya ketidakseimbangan arus pada sisi suplai. Topologi dari *DC drive* dapat digambarkan seperti pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Topologi *DC motor drive*

Dimana sumber AC dihubungkan dengan armatur motor DC melalui jembatan penyearah yang terkontrol yang umumnya terdiri dari beberapa komponen elektronika daya, misalnya *thyristor* atau SCR (*silicon controlled rectifier*) yang disusun sehingga membentuk rangkaian penyearah, dengan tujuan untuk mendapatkan sistem suplai *DC variable* yang diperlukan oleh motor DC. Monitoring harga *rms* gelombang *input*, umumnya dilakukan melalui rangkaian detektor harga puncak, oleh karenanya *drives* akan langsung *trip* pada saat merasakan adanya *undervoltage*, *overvoltage*, *phaseloss* dan arus yang berlebihan baik pada *input* maupun *output*-nya. Umumnya rangkaian detektor harga puncak inilah yang menyebabkan terjadinya *trip* (walaupun sebenarnya sebagian besar *trip* tersebut tidak perlu terjadi).



Gambar 7. Skematik suplai motor pada pabrik pemintalan [5]

f. Akibat kedip tegangan pada pabrik pemintalan benang

Pada pabrik pemintalan benang tenun, peralatan pemintal memakai motor arus bolak balik yang dilengkapi dengan pengatur kecepatan putar (*adjustable speed drive*) dengan skematik sebagai berikut:

Pada waktu terjadi kedip tegangan (penurunan tegangan sesaat), tegangan searah pada rangkaian konverter-inverter juga mengalami penurunan sehingga tegangan bolak-balik keluaran inverter juga mengalami perubahan / penurunan *magnitude*, yang berakibat turunnya putaran motor AC sebagai mesin pemutar pemintalan. Penurunan putaran motor tersebut berakibat secara keseluruhan kualitas benang turun dari kualitas A menjadi kualitas B. Dalam beberapa kondisi terjadi kedip tegangan, harga pengukuran tegangan pada *event recorder* menunjukkan, bahwa bila tegangan kurang dari 70% sampai lebih dari 5 *cycle*, maka mesin akan berhenti.

## 6. UPAYA MENGURANGI DAMPAK KEDIP TEGANGAN [6]

Untuk mengurangi dampak kedip tegangan dapat dilakukan beberapa cara antara lain:

a. Mengurangi kekerapan terjadinya hubung singkat.

Hal ini dapat dilakukan antara lain dengan cara memperkecil tahanan kaki tiang, membersihkan polutan pada isolator, memperbaiki sudut perlindungan petir,

memperbaiki lintasan (*right-of-way*) penghantar dan memisahkan pasokan ke konsumen dari jaringan yang sering mengalami gangguan.

b. Memperpendek *fault clearing time*.

Dapat dilakukan dengan cara melengkapi teleproteksi atau memakai unit proteksi pada penghantar, memperbaiki koordinasi relai dan menggunakan relai dengan *operating time* yang lebih cepat.

c. Memperbaiki konfigurasi sehingga dampak hubung-singkat terhadap peralatan konsumen lebih kecil (*system enhancement*) antara lain dengan cara:

- Memasang generator di dekat terminal konsumen. Generator tersebut akan mempertahankan tegangan di titik konsumen tetap tinggi pada saat hubung singkat terjadi. Pilihan ini bisa dilakukan oleh konsumen yang memiliki *co-generation*.
- Memisahkan busbar sehingga peralatan konsumen, secara elektrik, lebih jauh dari ruas transmisi yang sering mengalami gangguan.
- Memasang reaktor seri pada titik-titik tertentu pada sistem tenaga, sehingga di bagian tertentu yang banyak tersambung ke konsumen industri, kedip lebih dangkal (tapi di bagian lain, kedip justru akan lebih dalam).
- Menambah sumber pasokan baru pada busbar konsumen dari sumber pasokan yang relatif independen dari pasokan pertama (bila semula dipasok radial, kini jadi *spot/loop*, minimal dari dua sumber).

d. Pemilihan motor :

- Menggunakan motor listrik dengan kVA/ HP yang kecil
- Menggunakan motor listrik dengan kopel rendah pada beban ringan
- Mengganti motor besar dengan ukuran yang kecil

e. Menggunakan *starter*

*Starter* digunakan untuk menurunkan arus asut motor. Arus asut motor dapat dikurangi dengan memakai alat pengasut, seperti pengasut *auto transformer* atau pengubah hubung bintang/delta. Arus asut motor dengan menggunakan pengasut *auto transformer* adalah:

$$I_{asut} = \left(\frac{V_m}{V_1}\right)^2 \cdot I_{a1}$$

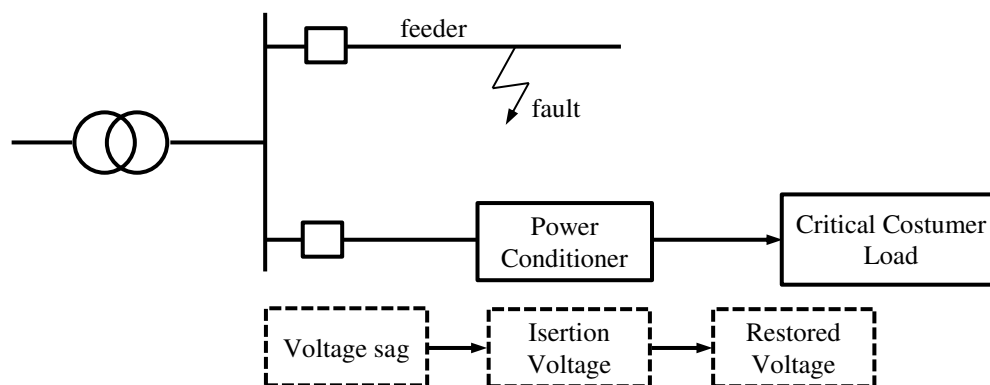
dengan  $V_m$  adalah tegangan sekunder *auto transformer*,  $V_1$  adalah tegangan suplai,  $I_{a1}$  adalah arus asut hubungan langsung.

Sedangkan arus pada alat pengubah hubungan bintang / delta:

$$I = \frac{I_{a1}}{3}$$

f. Dengan peralatan tambahan [7]

Memasang peralatan tambahan di antara pasokan dengan peralatan konsumen. Dengan memakai peralatan tambahan seperti *power conditioner* pada Gambar 8, kedip tegangan yang berasal dari sistem akan dihilangkan atau dikurangi dampaknya di sisi konsumen.



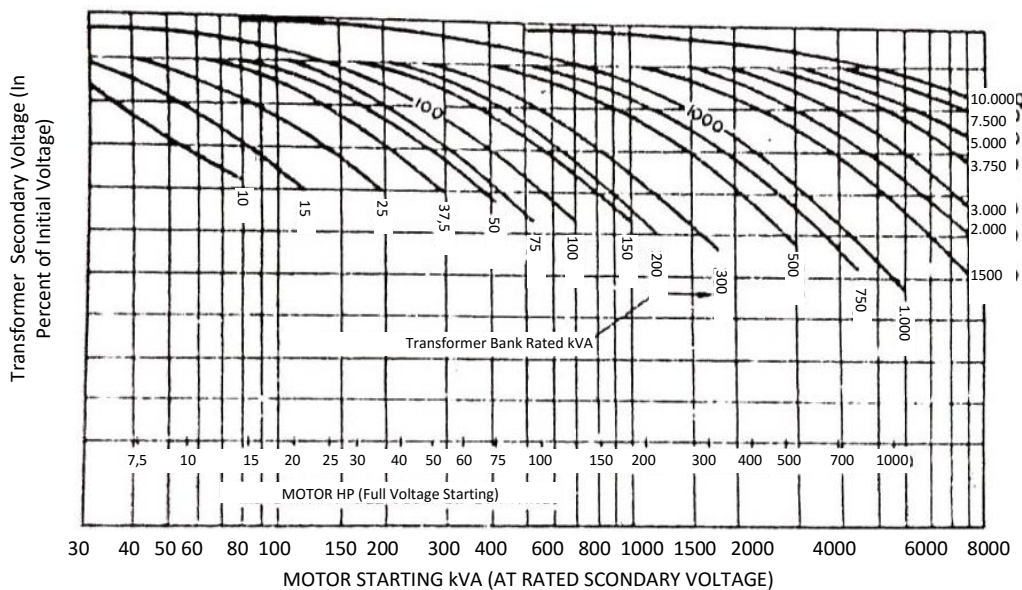
Gambar 8. Metoda penyisipan tegangan

Sistem tersebut berbasis *solid-state DC /AC switching* inverter yang fungsi utamanya adalah menginjeksi tegangan secara seri terhadap tegangan sumber pasokan, dengan tujuan menaikkan tegangan sumber ketika terjadi *voltage sags*. Setiap pabrikan memiliki penamaan yang berbeda atas jenis produk tersebut, namun bila ditinjau dari fungsinya sistem tersebut dapat disebut sebagai Pemulih Tegangan Dinamik

(*Dynamics Voltage Restorer*). Secara prinsip, PTD disisipkan antara sumber dan beban. Dengan demikian peralatan tersebut dapat mengontrol tegangan dibeban dengan amplitudo, fase dan komponen harmonik yang diperlukan agar tegangan di sisi beban dapat dipulihkan seperti pada keadaan normal (tanpa *voltage sags*). Untuk mencapai pemulihan tegangan yang sedemikian itu, maka devais tersebut harus bisa memasok ataupun menyerap daya aktif maupun daya reaktif jaringan. Dalam banyak kasus, fluktuasi tegangan yang kecil dapat dipulihkan hanya dengan pertukaran daya reaktif, namun untuk kasus *voltage dip* yang cukup besar PTD harus berfungsi sebagai pemasok daya aktif ke beban.

## 7. MEMPERBESAR KAPASITAS DAYA TRANSFORMATOR

Gambar 9 memperlihatkan profil *drop* tegangan di sisi sekunder transformator daya ketika berlangsung proses pengasutan motor induksi. Dari ilustrasi tersebut dapat dilihat pengaruh kapasitas transformator pemasok pada persentasi *drop* tegangan ketika motor induksi di *start* dimana dengan memperbesar kapasitas transformator maka *drop* tegangan di sekunder akan berkurang saat motor di *start* langsung pada tegangan penuh.



Gambar 9. Voltage *drop* di terminal transformator akibat pengasutan motor induksi pada tegangan 100% nominal [6]





---

---

## 8. KESIMPULAN

1. Kedip tegangan di sistem tenaga listrik tidak dapat dihindarkan tetapi masih dapat dikurangi kekerapannya dan diperkecil dampaknya.
2. Setiap gangguan hubung singkat di penghantar akan menyebabkan kedip tegangan di penghantar tersebut, atau di penghantar lainnya yang tersambung pada sistem tegangan yang sama dengan penghantar tersebut, atau pada sistem tegangan lainnya setelah melalui transformator.
3. Kedip tegangan adalah kondisi nyata yang terjadi pada pasokan tenaga listrik, yang dampaknya terhadap peralatan konsumen dapat dikurangi dengan pertimbangan prioritas produksi. Dalam hal ini, peralatan yang sensitif terhadap kedip tegangan dapat ditunjang dengan pemasangan *power conditioner* atau modifikasi sistem kendali.
4. Pada peralatan baru yang akan dipasang, suatu usaha mengurangi dampak kedip tegangan adalah memilih peralatan yang mempunyai spesifikasi kemampuan ketahanan terhadap kedip (*ride through capability*) dari peralatan sensitif yang disesuaikan dengan kondisi sistem pasokan tenaga listrik.
5. Upaya mengurangi kedip tegangan dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti mengurangi kekerapan terjadinya hubung singkat, memperpendek *fault clearing time*, memperbaiki konfigurasi sehingga dampak hubung-singkat terhadap peralatan konsumen lebih kecil, memasang peralatan tambahan diantara pasokan dengan konsumen, dan menambah ketahanan peralatan konsumen terhadap kedip tegangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ander Kusko. *Power Quality in Electrical Systems*. New York: Mc Graw Hill, 2007, hlm. 25-29.
- [2] Hasan Basri. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: ISTN 1997, hlm. 145-148.
- [3] B. M. Weedy. *Electric Power System*. London: John Wiley & Sons, 1998, hlm 174 - 176.

- [4] Martin Rukman dan Harun Alrasjid. "Unjuk Kerja Peralatan Kontrol Industri Terhadap Gangguan Kedip Tegangan PLN / WKT 2000". Jakarta: UI. 2000. Paper 4.
- [5] Roger Dugan C. *Electrical Power System Quality*. New York: Mc Graw-Hill, 2000, hlm. 44-52.
- [6] Industrial and Commercial Power System Commite of the Industry Application Society. "IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants". The Institute of Electronies Engineers Inc.:1976, hlm 235-240
- [7] IEEE Power System Reliability Subcommite, "Proposed Chapter For Predicting Voltage Sags (Dips) in Revision to IEEE Std. 493". The Gold Book. *Transmission and Distribution Conference*. Chicago, Illinos-USA: April 1994, hlm. 7 - 14