

KUALITAS DAYA LISTRIK

Ir. HENDRI, PhD. IPU Asean Eng.

Pengembangan Teknologi Modern saat ini mengakibatkan kebutuhan Energi Listrik terus meningkat dan semakin tingginya biaya yang harus dialokasikan untuk masalah ini. Sementara itu semakin banyak juga gangguan yang terjadi baik permanen ataupun temporer yang dapat mengganggu kualitas daya listrik. Sebagian besar masalah ini ditimbulkan dengan adanya peralatan beban-beban non-linier yang semakin meningkat, mengakibatkan gangguan kualitas daya Listrik juga semakin meningkat. Buku ini mencoba membahas beberapa masalah kualitas daya listrik dan solusi yang ditawarkan untuk dapat mengatasi masalah tersebut oleh para ahli dibidangnya.

Kualitas Daya Listrik adalah bidang beragam dan mencakup sejumlah besar proses mulai dari perencanaan daya listrik untuk suatu pemakaian hingga ke produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, kualitas daya listrik secara keseluruhan akan mempunyai kerumitan atau komplikasi tersendiri, karena teori-teori tentang teknik rangkaian elektro, elektronika daya, termodinamika, mekanika, dan perpindahan panas selalu muncul dalam setiap proses sistem dan aplikasinya. Untuk pemahaman yang baik tentang pengoperasian peralatan kualitas daya listrik dan aplikasinya, pengetahuan luas tentang topik tersebut sangat diperlukan.

Dalam kaitannya dengan ini, ada kebutuhan untuk memahami beberapa definisi dan konsep dasar sebelum beralih topik ke sistem ketenagaan listrik dan aplikasinya secara mendalam. Misalnya sistem satuan baik sistem internasional maupun sistem imperial, menjadi sangat penting dalam melakukan analisis sistem ini dan aplikasinya. Harus bisa memastikan bahwa satuan yang digunakan konsisten untuk mencapai hasil yang benar. Ini berarti bahwa ada beberapa faktor pengantar yang harus dipertimbangkan untuk menghindari kesalahan di dalamnya.



PENERBITAN & PERCETAKAN UNP PRESS
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang
Sumatera Barat



UNP PRESS

KUALITAS DAYA LISTRIK

Ir. HENDRI, PhD. IPU Asean Eng.

KUALITAS DAYA LISTRIK

Ir. HENDRI, PhD. IPU Asean Eng.



Penerbitan & Percetakan
UNP PRESS
UNP PRESS

KUALITAS DAYA LISTRIK

Ir. Hendri, Ph.D. IPU Asean Eng.

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NO 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA
PASAL 72
KETENTUAN PIDANA SANGSI PELANGGARAN

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan denda paling sedikit Rp 1.000.000, 00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan denda paling banyak Rp 5.000.000.000, 00 (lima milyar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan denda paling banyak Rp 500.000.000, 00 (lima ratus juta rupiah).

KUALITAS DAYA LISTRIK

Ir. HENDRI, Ph.D. IPU Asean Eng.



2020

KUALITAS DAYA LISTRIK

editor, Tim editor UNP Press

Penerbit UNP Press, Padang, 2020

1 (satu) jilid; 17.6 x 25 cm (B5)

Jumlah Halaman i + Halaman Buku

ISBN :

KUALITAS DAYA LISTRIK

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang pada penulis

Hak penerbitan pada UNP Press

Penyusun: Drs. Hendri, MT, Ph.D

Editor Substansi: Prof. Ir. Hadi Suyono, ST., MT, Ph.D. IPU., Asean.

Eng.

Editor Bahasa: **Nama Editor Bahasa**

Desain Sampul & Layout: Tim UNP Press

KATA PENGANTAR

Kualitas daya listrik adalah subjek dari cerita misterius yang mengundang insinyur perlindungan dan kontrol daya untuk merenungkan penyebab dan solusi yang tidak diketahui. Masalah kualitas daya seperti sags (atau dips), swells, resonansi harmonik, impuls petir, lonjakan dan kebisingan secara alami ada dan masalah tipe pembersihan sendiri kecuali untuk beberapa masalah yang sedang berlangsung seperti kedipan dan distorsi harmonik total. Pengguna domestik biasa tidak terpengaruh oleh buruknya kualitas daya dalam catu daya mereka. Masalah kualitas daya mempengaruhi organisasi manufaktur industri besar yang bekerja siang dan malam untuk memenuhi permintaan pelanggan mereka. Contoh khas dari organisasi tersebut mungkin termasuk petrokimia besar, pupuk, baja, kimia, farmasi dan pabrik kertas. Selain itu, departemen layanan penting seperti rumah sakit, pasokan air, pasokan gas, sistem keamanan militer, dan kantor layanan sipil besar dapat terpengaruh oleh masalah kualitas daya.

Banyak penelitian telah dilakukan pada masalah kualitas daya sejak dua dekade terakhir tetapi kenyataannya adalah bahwa biaya *downtime* meningkat (miliaran dolar per tahun). Setengah dari perusahaan besar menilai biaya *downtime* mereka lebih dari RM4000 per jam dan 9% perusahaan memperkirakan biayanya lebih dari RM200,000 per jam! Industri AS berani mengumumkan kerugian tetapi banyak negara lain mencoba menyembunyikan kekurangan mereka seperti yang dilakukan China dengan SARS dan angkat bicara ketika mereka menderita kerugian yang tidak dapat ditebus. Memilih perlindungan daya yang tepat itu rumit dan membingungkan. Sebagian besar pakar kualitas daya juga memberikan solusi perlindungan yang memberikan survei tidak lebih dari bagian manipulatif penjualan yang dirancang untuk membuat Anda membeli produk mereka.

Mengukur Kualitas Daya memerlukan alat akuisisi data yang kompleks karena pengukur yang murah terlalu lambat untuk komputer yang lebih cepat saat ini. Pengukur genggam dan alat pengukur murah lainnya hanya menawarkan jangkauan terbatas dan sering kali menunjukkan bahwa situs tersebut bagus padahal pada kenyataannya dapat menghabiskan uang Anda. Singkatnya, gunakan meteran murah

ketika Anda ingin membuktikan bahwa situs tersebut kebanjiran dan tidak mengumpulkan data yang mengarah ke solusi. Sistem kelistrikan, pentanahan, dan HVAC pelanggan jarang disiapkan dengan benar untuk sistem berbasis komputer saat ini dan setelah sistem dipasang, mereka percaya bahwa pabrikan telah mengambil tanggung jawab untuk membuat sistem bekerja. Biaya tipikal dari panggilan layanan "tidak ditemukan masalah" diperkirakan sebesar RM4.800. Seringkali banyak Insinyur Layanan Lapangan mengganti papan sirkuit yang baik hanya karena mereka tidak tahu harus berbuat apa lagi. Biaya tipikal untuk survei daya terperinci menggunakan peralatan uji canggung biasanya menghabiskan lebih dari RM14,000 per lokasi.

Satu-satunya hal yang lebih buruk daripada mengalami kegagalan sistem adalah tidak mengetahui apa penyebabnya. Namun, dengan pemantauan PQ, Anda dapat menghilangkan beberapa sakit kepala pemecahan masalah Anda. Sangat menyenangkan untuk pergi tidur di penghujung hari dan tahu bahwa Anda akan bisa tidur sepanjang malam. Akan lebih baik untuk mengetahui bahwa tidak ada kemungkinan Anda akan mendapat panggilan telepon saat Anda akhirnya tertidur. Namun, jika Anda seorang insinyur atau teknisi pabrik, Anda tahu bahwa Anda tidak akan pernah menikmati fantasi bahagia ini. Tetapi Anda juga tahu bahwa terbangun dari tidur di tengah malam oleh panggilan telepon yang memberi tahu Anda tentang penghentian produksi secara tiba-tiba di fasilitas Anda tidak ada apa-apanya dibandingkan dengan mimpi buruk yang Anda bangun jika Anda tidak dapat menjelaskannya. manajemen mengapa itu terjadi dan yang lebih penting, mengapa itu tidak akan terjadi lagi.

Penyebabnya bisa menjadi salah satu dari beberapa hal, tetapi Anda tidak punya waktu berminggu-minggu lagi untuk memecahkan masalah seluruh pabrik ini. Penghentian pekerjaan ini mungkin telah merugikan perusahaan ribuan dolar dalam kehilangan bahan dan berhenti produksi. Anda dapat mencoba mendiagnosis masalahnya sendiri, tetapi kecuali Anda ahli dalam kualitas daya dan mungkin firasat dan prediksi Anda tidak akan membuat banyak perbedaan.

Tentu saja, semua ini tidak akan menjadi masalah jika Anda memiliki sistem pemantauan kualitas daya. Jika Anda melakukannya, pada saat yang sama panggilan telepon membangunkan Anda dan memperingatkan Anda tentang masalah tersebut, Anda dapat menerima

halaman yang memberi tahu Anda bahwa terjadi penurunan tegangan di sirkuit motor yang melayani jalur konveyor pada pukul 13:32, berhenti produksi selama 15 detik. Tetapi Anda tidak memiliki sistem pemantauan PQ, Anda harus pergi ke manajer pabrik dengan tangan kosong dan mengulur waktu sampai Anda dapat memecahkan masalah sistem dan menemukan masalahnya. Sebagai seorang insinyur perlindungan dan instrumentasi, penulis telah kehilangan tidur berkali-kali pada waktu yang berbeda di malam hari. Suatu kali saya menerima pesan untuk menangani masalah saat salat Idul Fitri. Sebagai seorang insinyur profesional, Anda harus mengenali kesalahan untuk mempertahankan pekerjaan dan komitmen Anda terhadap etika teknik.

Namun, itu adalah kesalahpahaman yang serius bahwa kualitas daya adalah bidang yang sangat teknis dan insinyur harus sangat terlatih untuk memahami masalahnya. Ini membutuhkan peralatan mahal yang sangat halus dan sensitif yang membutuhkan kalibrasi tahunan dan pemeliharaan tinggi. Kualitas daya adalah sesuatu yang tidak dapat saya kendalikan. Saya menerima fasilitas/utilitas yang diberikan kepada saya dan saya harus mentolerirnya. Itu di luar kendaliku! Saya tidak punya waktu, uang, atau sumber daya untuk mengkhawatirkan Kualitas Daya. Adalah takdir saya untuk menderita dan karena itu saya harus menderita. Sebenarnya sulit untuk menentukan penyebab masalah tetapi keahlian ada untuk mengatasinya. Buku ini akan membahas gejala, penyebab, dan solusi dari masalah kualitas daya paling umum yang dihadapi oleh 95% industri yang terkena dampak.

Padang, 1 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	V
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XIV
DAFTAR TABEL	XVI
BAB 1 MASALAH KUALITAS DAYA	1
A. PENDAHULUAN.....	1
B. ISTILAH DAN DEFINISI	3
C. KLASIFIKASI GANGGUAN	7
D. APA ITU KUALITAS DAYA?	10
E. PENJELASAN GANGGUAN IRTIASI.....	12
F. SIAPA YANG MEMBUTUHKAN STUDI KUALITAS DAYA.....	40
BAB 2 FENOMENA VOLTAGE SAG (DIP).....	55
A. APA ITU SAG?.....	55
B. TEGANAN SAGS	60
C. AGRESIVITAS SAG TEGANAN (VSA)	70
D. KERENTANAN PERALATAN.....	73
E. BENTUK GELOMBANG GANGGUAN	76
F. GENERATOR SAG.....	83
BAB 3 KARAKTERISTIK TEGANGAN SAG	85
A. PENDAHULUAN.....	85
B. KARAKTERISTIK MELOROT	85
C. PENILAIAN STOCHASTIC DARA PERISTIWA SAG.....	85
BAB 4 PENYEBAB TEGANGAN SAG.....	86
A. SUMBER BERORIENTASI UTILITAS	86
B. KEKURANGAN SISTEM UTILITAS	86
C. TINJAUAN PENYEBAB BERORIENTASI UTILITAS	86
D. SUMBER BERORIENTASI FASILITAS	86
E. AKSI MEMULAI MOTOR.....	86
F. PENGALIHAN KAPASITOR	86

G.	PENGOPERASIAN TUNGKU BUSUR AC.....	86
H.	PEMUATAN SIKLIK BESAR.....	86
I.	AKSI GENERATOR MOTOR.....	86
J.	POLUSI LISTRIK INDUSTRI.....	86
BAB 5 MITIGASI SAG TEGANGAN		87
A.	SISTEM WAKTU TUNDA KONTAKTOR.....	87
B.	SISTEM PENYIMPANGAN ENERGI MEKANIK (MESS).....	87
C.	ELECTRICAL ENERGY STORAGE SYSTEMS (EESS).....	87
D.	PENINGKATAN AC POWER.....	87
E.	AC POWER CONDITIONER.....	87
F.	TEKNIK TRANSFER BUS.....	87
G.	KEANDALAN KONFIGURASI UMPAN DAYA.....	87
H.	PERALATAN PENGUJIAN RIDE-THROUGH.....	87
I.	PILIHAN PENGGUNAAN RIDE-THROUGH (RT).....	87
J.	SIFAT MOTOR SELAMA SAG.....	87
K.	SVC UNTUK MOTOR KRITIS BESAR.....	87
L.	TEKNIK NAIK KAPASITOR.....	87
M.	PERILAKU PERALATAN SELAMA SAG.....	87
N.	MITIGASI SAGS DAN INTERUPSI.....	87
BAB 6 CARA MEMINIMALKAN SAGS TEGANGAN		88
A.	UPAYA UTILITAS.....	88
B.	TINJAUAN UPAYA UTILITAS.....	88
C.	UPAYA ANTAR-FASILITAS.....	88
D.	TINJAUAN UPAYA ANTAR FASILITAS.....	88
BAB 7 TEKNIK SIMULASI PQ.....		89
A.	PENDAHULUAN.....	89
B.	KAPAN STUDI SIMULASI SISTEM DIPERLUKAN?.....	89
C.	KETERGANTUNGAN TEGANGAN SAG PADA LOKASI KESALAHAN.....	89
D.	PROBABILITAS TERJADINYA PENURUNAN TEGANGAN.....	89
E.	PERALATAN SENSITIF TEGANGAN CELUP.....	89
F.	MOTOR BESAR DIMULAI DENGAN & TANPA KAPASITOR.....	89
G.	SIMULASI START MOTOR MENGGUNAKAN ETAF.....	89
H.	SIMULASI STABILITAS SEMENTARA.....	89
I.	SIMULASI P Q MENGGUNAKAN MATLAB.....	89
J.	SIMULASI PSCAD/EMTDC PQ.....	89

BAB 8 HARMONIK.....	90
A. PENDAHULUAN.....	90
B. DISTORSI HARMONIK	90
C. DISTORSI HARMONIK TOTAL	90
D. FAKTOR DISTORSI DR	90
E. SUMBER HARMONI	90
F. PENGARUH HARMONIK PADA KOMPONEN SISTEM TENAGA	90
G. PENGUKURAN HARMONIK	90
H. HARMONIK DAN STANDAR IEEE 519	90
I. BAGAIMANA JIKA HARMONI DIPERBOLEHKAN?	90
J. DISTORSI TEGANGAN DAN ARUS	90
K. DISTORSI HARMONIK DAN NILAI RMS.....	90
L. TRIPLEN HARMONIK.....	90
M. PERALATAN PENGHASIL HARMONIK.....	90
N. MITIGASI HARMONIK	90
O. KOREKSI TAKIK GARIS.....	90
BAB 9 TRANSIEN TEGANGAN LEBIH	91
A. PENYEBAB TRANSIEN TEGANGAN LEBIH.....	91
B. APA ITU PETIR?	91
C. ASAL-USUL PETIR.....	91
D. PROTEKSI PETIR.....	91
E. PERLINDUNGAN LONJAKAN.....	91
F. EFEK GANGGUAN PETIR	91
G. APLIKASI PERLINDUNGAN LONJAKAN	91
H. PERLINDUNGAN TEGANGAN LEBIH	91
I. PERLINDUNGAN PETIR DAN LONJAKAN GARDU INDUK	91
J. PENANGKAL PETIR KONVENSIONAL	91
K. TERMINAL UDARA EMISI STREAMER AWAL.....	91
L. SISTEM TRANSFER MUATAN (SISTEM PENGHAPUSAN PETIR).....	91
M. PENGALIHAN PETIR LASER	91
BAB 10 MASALAH PEGARDEAN KABEL	92
A. APA ITU PEMBUMIAN (PEMBUMIAN)?.....	92
B. KOORDINASI PEMBUMIAN	92
C. METODE PEMBUMIAN.....	92
D. PERLINDUNGAN KEBOCORAN BUMI	92

E.	PERLINDUNGAN LONJAKAN SISI RENDAH	92
F.	MASALAH PENGKABELAN DAN PEMBUMIHAN	92
G.	PEDOMAN PEMBUMIHAN YANG DIREKOMENDASIKAN	92
BAB 11 MEMANTAU KUALITAS DAYA		93
A.	STUDI KUALITAS DAYA.....	93
B.	PERALATAN KUALITAS DAYA	93
C.	PENGUKURAN PERISTIWA PQ	93
D.	PERANGKAT DIAGNOSTIK.....	93
E.	CARA MENENTUKAN ARAH IMPULS.....	93
F.	PEMANTAUAN ELECTRI C POWER QUALITY	93
G.	APAKAH PERLU MEMANTAU KUALITAS DAYA?	93
H.	TRANSFORMATOR/TRANSDUSER PENGUKURAN	93
I.	INSTRUMEN PEMANTAUAN	93
J.	KEMAMPUAN INSTRUMEN PQ	93
K.	LOKASI PEMANTAUAN.....	93
L.	MENDIAGNOSIS MASALAH KINERJA PERALATAN	93
M.	PEMANTAUAN KUALITAS DAYA	93
N.	MENAFSIRKAN HASIL PEMANTAUAN PQ.....	93
O.	RINGKASAN DATA.....	93
P.	DATA PENTING	93
Q.	PENENTUAN KEJADIAN KRITIS	93
R.	PEMERIKSAAN REALITAS ACARA	93
S.	MENAFSIRKAN PERISTIWA KRITIS	93
T.	ANALISIS TANDA TANGAN	93
U.	ANALISIS BENTUK GELOMBANG KONDISI TUNAK	93
V.	ANALISIS GANGGUAN BENTUK GELOMBANG	93
W.	ANALISIS SAG/SWELL.....	93
X.	ANALISIS HARMONIK	93
Y.	SPEKTRUM IMPEDANSI.....	93
Z.	PENGENALAN POLA	93
BAB 12 STANDAR DAN PRAKTIK PQ.....		94
A.	STANDAR DAN PRAKTIK TENTANG SAGS TEGANGAN	94
B.	STANDAR TENTANG PENURUNAN TEGANGAN	94
C.	LAPORAN SURVEI PQ INTERNASIONAL	94
D.	PRAKTIK UTILITAS PADA SAGS TEGANGAN.....	94

E. BUKU BERWARNA IEEE.....	94
F. STANDAR KUALITAS DAYA YANG ADA.....	94
BAB 13 PEMROSESAN HASIL PQ	95
A. PENDAHULUAN.....	95
B. ALGORITMA PEMASANGAN KURVA.....	95
C. TRANSFORMASI FOURIER CEPAT	95
D. FUNGSI JENDELA	95
E. TRANSFORMASI GELOMBANG.....	95
F. PENGENALAN DAN KLASIFIKASI GANGGUAN	95
G. SIAPA YANG MEMBUTUHKAN TANDA TANGAN PQ?	95
H. KONSEP TEMAN	95
I. PEMROSESAN GELOMBANG WAKTU NYATA	95
DAFTAR PUSTAKA	96
GLOSARIUM	98
INDEKS.....	99
TENTANG PENULIS	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Beban lebih, gangguan hubung singkat, dan penurunan tegangan yang diinduksi start motor.....	13
Gambar 2. Contoh Tegangan Swell	14
Gambar 3. Transien osilasi	15
Gambar 4. Transien Osilasi Yang Disebabkan Oleh Perpindahan Kapasitor Back-To-Back.....	17
Gambar 5. Perangkat kliring Kesalahan Menyebabkan Transien Osilasi	17
Gambar 6. Transien osilasi Frekuensi Rendah Yang Disebabkan Oleh Switching Kapasitor Bank.....	18
Gambar 7. Transien Osilasi Frekuensi Rendah Yang Disebabkan Oleh Feroresonansi Transformator Tanpa Beban	19
Gambar 8. Transien Impulsif Yang Diinduksi Petir Tipikat	19
Gambar 9. Catatan Ketidakseimbangan Tegangan Periode Satu Minggu.....	21
Gambar 10. Penampilan DC Selama Gangguan, Petir, EMP dan ESP	22
Gambar 11. Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Harmonic	24
Gambar 12. Spektrum Harmonik Untuk Beban Nonlinier	24
Gambar 13. Filter Harmonik	24
Gambar 14. Contoh Bentuk Tegangan Yang Disebabkan Oleh Operasi Konverter.....	25
Gambar 15. Penampilan non-sinusoidal bentuk gelombang.....	26
Gambar 16. Contoh Voltage Fluktuasi Yang Disebabkan Oleh Tungku Operasi	28
Gambar 17. Variasi Frekuensi Daya	30
Gambar 18. Kurva Flicker Standar.....	31
Gambar 19. Pemantauan Kedipan Untuk Jangka Waktu Pendek dan Lama	33
Gambar 20. Paku dan Impuls	36
Gambar 21. Lonjakan Replika Petir Eksponensial Ganda.....	36
Gambar 22. Faktor Daya, Koreksi dan Mitigasi Ideal.....	37
Gambar 23. Kehilangan Fasa Pada Sistem Tiga Fasa	37
Gambar 24. Pemadaman Umum Untuk Konsumen Terminal	38
Gambar 25. Gangguan Umum Pendek dan Lama.....	38
Gambar 26. Gangguan Fasa Selama Gangguan.....	40
Gambar 27. Tampak Samping Transformator EHV Dalam Pertimbangan.....	42
Gambar 28. Pengukur Suhu	44
Gambar 29. Variasi Tegangan Pada Salah Satu Dari Tiga Fase Yang Pada Akhirnya Menyebabkan Arus Tidak Seimbang dan indikasi malfungsi	46
Gambar 30. 66 kV, trafo 30 MVA	48
Gambar 31. Mengontrol Kontaktor	48
Gambar 32. Fenomena Khas Sag/Dip	55
Gambar 33. Penurunan Tegangan Sesaat Yang Disebabkan Oleh Gangguan SLG....	56
Gambar 34. Penurunan Tegangan Sementara (dip) Yang Disebabkan Oleh Start Motor	57
Gambar 35. Contoh Sistem Kendur Dalam Berbagai Disiplin Ilmu	58
Gambar 36. Rentang Saluran Transmisi Profil Catenary dan Parabola	60
Gambar 37. Penurunan Tegangan 50% (atau 0,50 pu) Selama 14 Siklus	61

Gambar 38. Contoh sag Tegangan Ringan dan Berat	61
Gambar 39. Proses Pembersihan Gangguan Yang Mengakibatkan Voltage Sag	63
Gambar 40. Penjelasan Tentang Penurunan Tegangan Mayor, Minor, dan Sekunder	64
Gambar 41. Diagram Reaktansi Urutan Positif Dari Garis Radial Tipikal	66
Gambar 42. Probabilitbas Berbasis Data Industri Besar Dari Terjadinya Voltage Sag	69
Gambar 43. Variasi Impedansi Sumber Pada Agresivitas	72
Gambar 44. Dampak Voltage Sag dan Durasinya Terhadap Agresivitas.....	72
Gambar 45. Plot Agresivitas Sebagai Fungsi Dari Berbagai Durasi.....	73
Gambar 46. Agresivitas Scatter Plot Sebagai Fungsi Dari Berbagai % Gas	73
Gambar 47. Bentuk Gelombang Sekunder Trafo Selama Penyakelaran Nyala dan Mati [Ref.21]	77
Gambar 48. Bentuk Gelombang Agresivitas Tegangan Transien Di Seluruh Kontak Sakelar Akibat Fenomena Busur Lebih [Ref. 21]	77
Gambar 49. Efek Gunung Es Dari Bentuk Gelombang Transien [Ref.21]	78
Gambar 50. Over Voltage Spikes Karena dan Impuls	78
Gambar 51. Harmonis Distorsi Karena Beban Nonlinear	78
Gambar 52. Ketidakseimbangan 3 ϕ Tegangan dan Arus Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik	78
Gambar 53. Variasi Frekuensi	78
Gambar 54.....	78
Gambar 55.....	80
Gambar 56.....	80
Gambar 57.....	80
Gambar 58.....	80
Gambar 59.....	81
Gambar 60.....	81
Gambar 61.....	81
Gambar 62.....	81
Gambar 63.....	82
Gambar 64.....	82
Gambar 65.....	82
Gambar 66.....	82
Gambar 67.....	83
Gambar 68. Koneksi Generator Sag.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Gangguan Saluran Listrik.....	7
Tabel 2. Kategori dan Karakteristik Khas Gangguan Sistem Tenaga	8
Tabel 3. Waktu Pembersihan Kesalahan Umum.....	65
Tabel 4. Insiden Voltage Sag di Industri Besar	70
Tabel 5. Peralatan Sensitif Tegangan Sag	76

BAB 1

MASALAH KUALITAS DAYA

A. Pendahuluan

Studi kualitas daya listrik terdiri dari variasi sesekali dalam tegangan, arus dan frekuensi relatif terhadap nilai keadaan tunak yang dipertimbangkan. Jika peralatan sensitif bekerja sesuai rencana maka tidak perlu melakukan survei kualitas daya, jika tidak maka tidak dapat dihindari. Pembatasan pada jalur suplai AC saat ini lebih parah daripada di masa lalu tetapi menciptakan transien dan distorsi yang jauh lebih banyak daripada banyak versi lama dari peralatan serupa. Atau, beban arus industri sendiri merusak kualitas daya dan memerlukan utilitas untuk menyediakan pasokan listrik AC bersih yang segar. Telah diamati bahwa beban yang lebih sensitif terhadap kualitas daya sering menjadi sumber limbah. Di antara gangguan, penurunan tegangan, yang biasanya disebabkan oleh gangguan hubung singkat, jauh lebih signifikan dan sering daripada impuls, harmonik, pemadaman, paku, dan impuls. Sags dan spike tegangan dapat mendistorsi data m sistem komputer bahkan jika waktunya cukup cepat. Perangkat keras sistem juga sangat terpengaruh jika utilitas putaran balik rendah. gangguan sesekali memang menyebabkan masalah operasional untuk peralatan industri yang sensitif. Seperti penurunan tegangan, tegangan lebih transien juga dapat mengganggu pengoperasian peralatan elektronik. Durasi transien dan resonansi harmonik intermiten adalah masalah kualitas daya yang paling sulit untuk diidentifikasi dan dihilangkan.

Paperback ini terdiri dari mengidentifikasi penyebab penurunan tegangan pada konsumen listrik massal yang telah memasang peralatan industri yang sangat sensitif di fasilitas besar mereka, Industri besar yang berlokasi di area khusus mengalami penurunan tegangan sehingga mengurangi waktu penghentian proses, Utilitas utilitas tegangan tinggi tunduk pada lingkungan agresi. yang selanjutnya dilengkapi dengan keberadaan wilayah pesisir. Utilitas saluran transmisi yang berjalan beberapa kilometer dari tepi pantai biasanya tidak dapat menyediakan pasokan bebas kendur kepada konsumen industri yang sensitif. Hujan yang sering,