

JURNAL SAIN DAN TEKNOLOGI

Science and Technology Journal

Pengendalian Inverter Empat Lengan dengan Beban Fluktuatif untuk Aplikasi *Hybrid Power System*
Dedy Kurnia Setiawan

Perbandingan Penjadwalan Unit-unit Pembangkit Thermal pada Sistem Kelistrikan Jawa – Bali
Menggunakan Metode *Modified Unit Decommittment* (MUD) dengan Penjadwalan PLN
Aris Heri Andriawan

Perbandingan antara *Luenberger* dan *Neural Network Observer* untuk Motor Induksi
Iradiratu Diah P.K.

Pendeteksian Kesegaran Daging Menggunakan Sensor Polimer Konduktif
Benrad Edwin Simanjuntak

Analisis Pengoperasian dan Pemeliharaan Trafo Distribusi di PT. PLN (Persero)
APJ Surabaya Selatan
Titiek Suheta

Transmisi Data Perubahan Ketinggian Air Laut Menggunakan Media Handphone
Suryadhi

Studi Pengaruh Sudut Kemiringan Dasar Laut terhadap Berat Pipa yang Disyaratkan Stabilitas
pada Perancangan Pipa Bawah Laut
Hasan Ikhwani

Pengamatan Model Pengendalian Korosi dengan Metode Perlindungan Katodis Menggunakan
Anoda Terumpan *ZAP Type S-3* pada Media Korosi Air Laut dengan Salinitas 35‰
Dwisetiono

Perancangan Awal Geometri Boiler dan Siklus PLTU Berbahan Bakar Tandan Kosong Kelapa
Sawit (TKKS) dengan Daya 11,5 MW
Melvin Emil Simanjuntak

Kekuatan Tarik Sambungan Las Pelat Baja HSLA *Grade AH 32* untuk Konstruksi Kapal dengan
Pengelasan SMAW dan FCAW
Nur Yanu Nugroho

JURNAL SAIN DAN TEKNOLOGI
Science and Technology Journal

Pengendalian Inverter Empat Lengan dengan Beban Fluktuatif untuk Aplikasi <i>Hybrid Power System</i> Dedy Kurnia Setiawan	101-112
Perbandingan Penjadwalan Unit-unit Pembangkit Thermal pada Sistem Kelistrikan Jawa – Bali Menggunakan Metode <i>Modified Unit Decommitment</i> (MUD) dengan Penjadwalan PLN Aris Heri Andriawan	113-122
Perbandingan antara <i>Luenberger</i> dan <i>Neural Network Observer</i> untuk Motor Induksi Iradiratu Diah P.K.	123-132
Pendeteksian Kesegaran Daging Menggunakan Sensor Polimer Konduktif Benrad Edwin Simanjuntak	133-138
Analisis Pengoperasian dan Pemeliharaan Trafo Distribusi di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan Titiek Suheta	139-144
Transmisi Data Perubahan Ketinggian Air Laut Menggunakan Media Handphone Suryadhi	145-158
Studi Pengaruh Sudut Kemiringan Dasar Laut terhadap Berat Pipa yang Disyaratkan Stabilitas pada Perancangan Pipa Bawah Laut Hasan Ikhwani	159-170
Pengamatan Model Pengendalian Korosi dengan Metode Perlindungan Katodis Menggunakan Anoda Terumpan <i>ZAP Type S-3</i> pada Media Korosi Air Laut dengan Salinitas 35‰ Dwisetiono	171-178
Perancangan Awal Geometri Boiler dan Siklus PLTU Berbahan Bakar Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Daya 11,5 MW Melvin Emil Simanjuntak	179-190
Kekuatan Tarik Sambungan Las Pelat Baja HSLA <i>Grade AH 32</i> untuk Konstruksi Kapal dengan Pengelasan SMAW dan FCAW Nur Yanu Nugroho	191-200

Analisis Pengoperasian dan Pemeliharaan Trafo Distribusi di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan

Titiek Suheta

Dosen Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

ABSTRACT

Electric power consumption increases time to time, so the load transformer distribution supposed to be analyzed and evaluated as consequently of operation and maintenance plan. The supply's quality of electric power compared to operation and maintenance cost was one of the classical problem. Transformer is one of the significant part that have to be taken into consideration because of expensive, working in optimum condition, and required periodical maintenance to keep technical age. The beginning of analysis was to identify the load of the transformer distribution and increasing the load by customer. Secondly identifying the effectiveness of the transformer distribution maintenance, and the third analyzing the effect of the level and maintenance period against the transformer life time. The result of analysis can be resumed as follows: first, the distribution transformer load not yet optimum; second, the optimum condition by increasing the load 5,11% every year until 2010 with load factor 0,6; third, the result of the transformer oil analysis for every two years until four year, showed that it's still good, but still needs periodic treatment and maintenance, and the life time of distribution transformer at PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan was not caused by the load level nor by maintenance period but by other factors.

Key words: *optimum load, periodical maintenance, life time of the transformer operation.*

Korespondensi (Correspondence): Titiek Suheta, Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jalan Arif Rahman Hakim 100 Surabaya 60111.
E-mail: sondysuheta@yahoo.com

PENDAHULUAN

Konsumsi tenaga listrik oleh para pelanggan selalu bertambah dari waktu ke waktu, oleh karenanya hasil operasi sistem tenaga listrik khususnya pembebanan trafo distribusi perlu dianalisa. Trafo distribusi merupakan komponen sistem distribusi tenaga listrik yang harganya relatif mahal, oleh karena itu dalam pengoperasiannya diupayakan memikul beban yang optimum secara ekonomis serta pemeliharaan yang terjadwal, agar mampu beroperasi hingga umur teknisnya. Hasil evaluasi kerusakan trafo distribusi di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan tahun 2006 sejumlah 160 buah atau 3,8% dari total trafo distribusi yang berjumlah 4165 buah (PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, 2006).

Hasil studi pendahuluan pada bulan Januari sampai dengan Agustus 2007 menunjukkan bahwa: (1) Gangguan/kerusakan trafo distribusi adalah 89 buah (2,1%). (2) Pemeliharaan trafo distribusi adalah 1152 buah (27,4%). (3) Pengukuran beban trafo distribusi adalah 4385 buah (104,1%). (4) Jumlah keseluruhan trafo distribusi adalah 4211 buah.

Faktor-faktor yang menyebabkan berkurangnya umur trafo distribusi adalah: (1) Pertumbuhan beban tidak terantisipasi hingga terjadi beban lebih (*over load*). (2) Pemeliharaan trafo distribusi belum terjadwal secara sistematis.

Upaya-upaya untuk meningkatkan umur operasi trafo distribusi hingga mampu beroperasi hingga mencapai umur teknisnya antara lain adalah: (1) Beban trafo distribusi tidak lebih 80% dari kapasitas. (2) Pemeliharaan trafo distribusi berdasarkan hasil uji sampel minyak trafo secara berkala. (3) Pemeliharaan trafo distribusi berdasarkan hasil inspeksi.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) Mengidentifikasi tingkat beban trafo distribusi serta pertumbuhan beban pelanggan di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan. (2) Mengidentifikasi efektifitas pemeliharaan trafo distribusi di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan. (3) Menganalisa adanya pengaruh tingkat pembebanan dan interval pemeliharaan terhadap umur operasi trafo distribusi di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan.

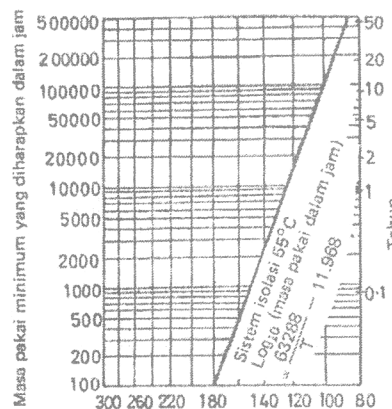
METODE PENELITIAN

Trafo Distribusi

Trafo distribusi adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/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/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. Transformator yang telah diproduksi terlebih dahulu melalui pengujian sesuai standar yang telah ditetapkan.

Pembebanan Optimum Trafo Distribusi

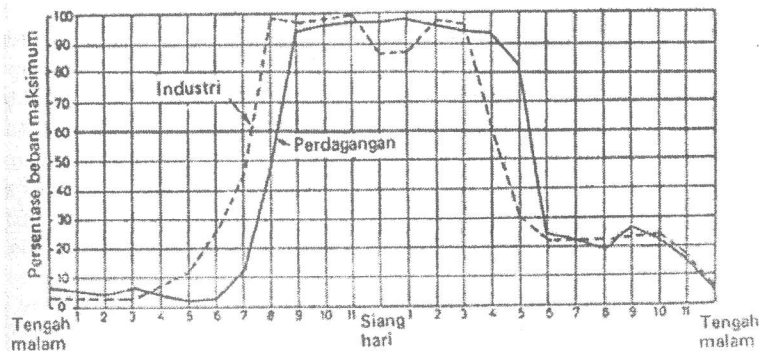
Efisiensi trafo distribusi adalah maksimum pada pembebanan rata-rata selama hampir masa pakainya. Sedangkan pembebanan optimum, dinyatakan sebagai persentase batas-batas beban sesuai dengan kapasitas trafo. Pada Gambar 1 ditunjukkan masa pakai minimum trafo distribusi yang diharapkan lebih dari 15 tahun (SPLN, 1997).



Gambar 1 Kurva Masa Pakai Trafo yang Diharapkan

Beban konsumen yang berbeda umumnya diturunkan dari sampel sejumlah kurva beban konsumen yang dipilih dari satu kelas populasi. Bentuk kurva beban yang dibuat berdasarkan sampel untuk beban-beban bisnis dan industri dimetropolitan ditunjukkan pada Gambar 2, kurva beban ini berguna untuk menghitung kerugian sistem dari bermacam-macam konsumen. Pola pembebanan trafo distribusi hendaknya mengikuti kara-

teristik trafo sesuai SPLN Nomor 50 tahun 1997 (SPLN, 1997), yaitu sebesar 50% sampai dengan 60% agar didapatkan susut yang minimal (PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, 2006).



Gambar 2 Tipe Kurva Beban

Perkiraan Beban

Beban sistem tenaga listrik merupakan pemakaian tenaga listrik dari para pelanggan listrik. Oleh karenanya besar kecilnya beban beserta perubahannya tergantung pada kebutuhan para pelanggan akan tenaga listrik. Tidak ada perhitungan yang eksak mengenai berapa besarnya beban sistem pada suatu saat, yang bisa dilakukan hanyalah membuat perkiraan beban.

Perkiraan beban merupakan masalah yang sangat menentukan bagi PLN baik dari segi manajerial maupun dari segi operasional, oleh karenanya perlu mendapatkan perhatian khusus. Untuk dapat membuat perkiraan beban yang sebaik mungkin perlu beban sistem tenaga listrik yang sudah terjadi dimasa kemudian dianalisa. Dalam hal ini dengan menggunakan perkiraan beban jangka menengah, yaitu untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Dalam perkiraan beban jangka menengah masalah-masalah manajerial perusahaan merupakan faktor utama yang menentukan, misalnya kemampuan teknis memperluas jaringan distribusi. Dalam perkiraan beban jangka menengah aspek operasional yang menonjol, karena dalam jangka menengah (kurang dari satu tahun) tidak banyak lagi yang dapat dilakukan dalam segi pengembangan.

Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis Regresi Linier Berganda digunakan untuk menganalisis pengaruh tingkat pembebanan dan interval pemeliharaan terhadap umur operasi trafo distribusi. Bentuk umum persamaan regresi linier berganda adalah (Walpole & Myers, 1995):

$$\hat{Y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$$

dimana: Y = variabel dependen (variabel tidak bebas); X_1, X_2, \dots, X_k = variabel independen (variabel bebas); a = intersep Y, yaitu nilai Y pada perpotongan antara garis linier dengan sumbu vertikal Y; b_1, b_2, \dots, b_k = koefisien regresi (*slope* yang berhubungan dengan variabel X_1, X_2, \dots, X_k).

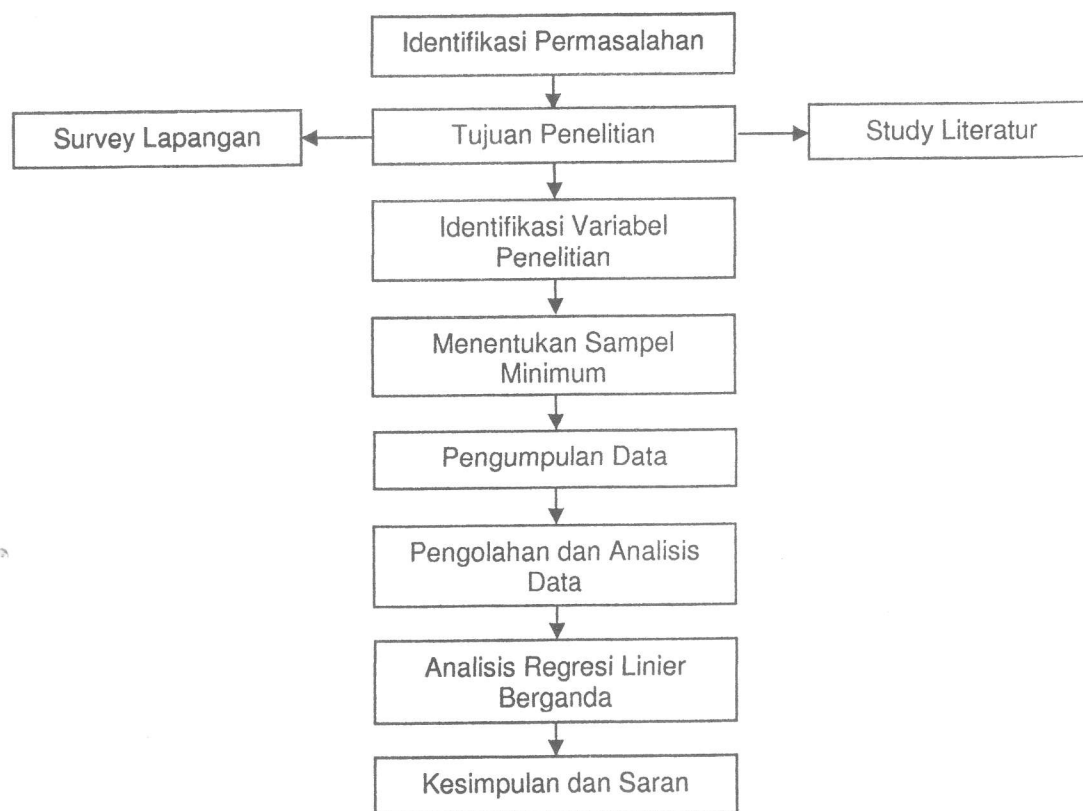
Metode

Dalam menganalisis pengoperasian dan pemeliharaan trafo distribusi di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan, mengikuti langkah-langkah seperti Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Beban Trafo

Tabel 1 menunjukkan pembebanan trafo distribusi di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan. Trafo yang pembebanannya belum optimum sebanyak 19,48% dan pembebanannya *over load* sebanyak 10,39%. Kondisi tersebut dapat dioptimalkan dengan cara pertama yaitu merelokasi trafo yang bebannya tidak optimum ke tempat trafo yang kapasitas dayanya satu tingkat di bawahnya yang *over load* dan sebaliknya, dengan Metode *Least Cost*.



Gambar 3 Diagram Alir Metode Penelitian

Tabel 1 Kriteria Beban Trafo Distribusi

Kriteria	Beban (%)	Jumlah Sesuai Sampel	Persentase (%)
Tidak Optimum	< 30	60	19,48
Kurang Optimum	30 s.d. 50	99	32,14
Optimum	50 s.d. 80	117	37,99
Over Load	> 80	32	10,39
Total		308	100

Langkah optimasi yang telah dilakukan ternyata mampu menekan jumlah trafo distribusi yang bebannya sudah *over load* dari 10,39% menjadi 2,60%, menekan jumlah trafo distribusi yang bebannya tidak optimum dari 19,48% menjadi 11,69%, dan mampu meningkatkan jumlah trafo distribusi yang bebannya optimum dari 37,99% menjadi 45,78% (Tabel 2). Optimasi masih dapat ditingkatkan lagi seiring dengan pelaksanaan peme-

liharaan trafo (penggantian minyak), yaitu dengan cara trafo distribusi yang bebannya tidak optimum < 30% maupun kurang optimum dari 30%-50% diganti dengan trafo distribusi yang kapasitas dayanya satu tingkat di bawahnya, dengan syarat ≥ 100 kVA.

Optimasi pertama masih menyisakan beban trafo yang *over load* sebesar 2,60%. Dengan kombinasi cara pertama dan kedua beban trafo yang *over load* tersebut dapat ditanggulangi. Sehingga dapat disimpulkan dengan merelokasi trafo berdasar kriteria beban dan dengan *metode least cost* dapat dilakukan optimasi beban sekaligus menanggulangi trafo distribusi yang bebannya sudah *over load* tanpa investasi trafo baru. Sampai sejauh mana optimasi beban dapat dilakukan tanpa menambah trafo baru sehingga dapat menekan biaya operasi dan pemeliharaan saat ini maupun perencanaan jangka pendek maupun jangka panjang. Perencanaan beban trafo sedikitnya lima tahun sebagai masukan untuk membuat peramalan beban trafo di tahun-tahun yang akan datang.

Peramalan beban trafo dibuat berdasarkan asumsi pertumbuhan daya tersambung konsumen yaitu sebesar 5,11%, diawali dari hasil sampel yang diambil pada tahun 2007, sehingga tanpa penambahan trafo baru, trafo yang beroperasi saat ini masih mampu memikul laju pertumbuhan beban sampai tahun 2010 dengan faktor-beban sebesar 0,60 .

Tabel 2 Perbandingan Tingkat Beban Trafo Distribusi Sebelum dan Sesudah Optimasi Pertama

Kriteria	Beban (%)	Sebelum Optimasi (%)	Sesudah Optimasi (%)
Tidak Optimum	< 30	19,48	11,69
Kurang Optimum	30 s.d. 50	32,14	39,94
Optimum	50 s.d. 80	37,99	45,78
Over Load	> 80	10,39	2,60
Total		100	100

Analisis Pengaruh Tingkat Pembebanan dan Interval Pemeliharaan terhadap Umur Operasi Trafo Distribusi

Umur operasi trafo distribusi sangat dipengaruhi oleh tingkat beban dan interval pemeliharannya, dalam studi kasus di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan jumlah Trafo Distribusi yang mengalami kerusakan periode Januari sampai dengan Agustus 2007 adalah 89 buah. Karena jumlahnya tidak terlalu besar, maka seluruh trafo diambil sebagai sampel. Variabel bebas (*independent*) dalam penelitian ini adalah: Tingkat pembebanan dan Interval pemeliharaan trafo distribusi, sedangkan variabel tak bebas (*dependent*) adalah: Umur operasi trafo distribusi.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan *software* MINITAB didapatkan persamaan regresi linier yang mempunyai korelasi antara: Umur = $8,67 + 0,0553$ Beban + $0,229$ Interval hari. Dari persamaan regresi tersebut dapat diinterpretasikan bahwa apabila beban trafo dan interval pemeliharaan nilainya nol, maka umur trafo akan mencapai 8,67 tahun dengan taksiran parameter beban sebesar 0,0553 (berarti beban trafo meningkat 1%), sedangkan Taksiran parameter interval pemeliharaan sebesar 0,229 terlambat dalam 1 bulan (umur trafo meningkat sebesar 0,229).

$$S = 10,57 \quad R-Sq = 2,2\% \quad R-Sq(adj) = 0,0\%$$

Kesalahan standar estimasi (*Syx*) sebesar 10,57 menjelaskan nilai variabel *dependent* (Umur) yang sesungguhnya. Dengan Koefisien determinasi $r^2 = 2,2\%$, yang artinya bahwa besarnya kontribusi variabel bebas (Beban dan Interval Pemeliharaan) terhadap panjang-pendeknya umur trafo adalah sebesar 2,2% dan sisanya sebesar 97,8% disebabkan oleh faktor lain.

Kemudian dilakukan *banch-mark* (studi banding) untuk membuktikan teori A.S. Pabla (Pabla, 1994) yang menyatakan bahwa Umur operasi trafo distribusi sangat dipengaruhi oleh tingkat beban dan interval pemeliharannya. Studi banding tersebut dilakukan dengan PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Utara yang memiliki jumlah Trafo Distribusi yang mengalami kerusakan periode Januari-Agustus 2007 sebesar 78 buah.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan *software* MINITAB dengan tingkat toleransi $\alpha = 0,05$ didapatkan persamaan regresi linier:

$$\text{Umur} = 21,3 - 0,108 \text{ Beban} + 0,168 \text{ Interval Pemeliharaan}$$

$$S = 7,871 \quad R\text{-Sq} = 9,6\% \quad R\text{-Sq(adij)} = 7,2\%$$

Sehingga dapat diinterpretasikan, bahwa apabila beban trafo dan interval pemeliharaan nilainya nol, maka umur trafo akan mencapai 21,3 tahun. Taksiran parameter beban sebesar -0,108 ini menunjukkan bahwa apabila beban trafo meningkat sebesar 1%, maka umur trafo akan berkurang sebesar 0,108 kali. Sedangkan taksiran untuk parameter interval pemeliharaan sebesar 0,168 menunjukkan bahwa apabila interval pemeliharaan terlambat 1 bulan, maka umur trafo akan bertambah (seharusnya berkurang) sebesar 0,168 kali.

Kesalahan standar estimasi (*Syx*) sebesar 7,871 menunjukkan nilai variabel *dependent* (Umur) yang sesungguhnya. Koefisien determinasi $r^2 = 9,6\%$, yang artinya bahwa besarnya kontribusi variabel bebas (Beban dan Interval Pemeliharaan) terhadap panjang-pendeknya umur trafo adalah sebesar 9,6% dan sisanya sebesar 90,4% disebabkan oleh faktor lain.

Trafo distribusi yang usianya ≤ 4 tahun oli trafonya masih baik (dengan catatan beban trafo tidak *over load*). Trafo distribusi yang usianya 5 sampai dengan 20 tahun sudah mulai dilakukan *treatment* oli maupun penggantian oli. Trafo distribusi yang usianya ≥ 20 tahun selalu dilakukan penggantian oli (interval pemeliharaan 2 tahun).

KESIMPULAN

1. Pembebanan trafo distribusi yang belum optimum dan tidak optimum masing-masing sebesar 19,48% dan 11,69% ($< 30\%$), sedangkan pembebanan yang sebesar *overload* 10,39% ($> 80\%$).
2. Dengan melakukan optimasi beban, trafo distribusi yang beroperasi saat ini masih mampu memikul laju pertumbuhan beban sebesar 5,11% per tahun hingga tahun 2010 dengan faktor beban 0,6.
3. Hasil uji minyak trafo yang dilakukan 2 tahun sekali pada trafo distribusi yang usianya 0 sampai dengan 4 tahun hasilnya relatif baik, selebihnya sudah harus dilakukan *treatment* dan penggantian minyak.
4. Umur operasi trafo distribusi di PT PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan, tidak dipengaruhi oleh tingkat pembebanan maupun interval pemeliharaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Pabla, A.S. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Terjemahan oleh Abdul Hadi. 1994. Jakarta: Erlangga.
- PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur. 2006. *Kriteria Desain Jaringan Distribusi*. Surabaya: PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.
- SPLN. 1997. *Spesifikasi Transformator Distribusi*. SPLN Nomor 50.
- Walpole, R.E. & Myers, R.H. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan* (4th ed.). Bandung: Institut Teknologi Bandung.