

ANALISIS SHOCK HAZARD, ARC FLASH DAN ARC BLAST PADA MDP DAN TRANSFORMATOR

Wiwik Kurniati¹⁾, Rona Riantini²⁾, dan Hendro Agus Widodo³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Surabaya, 60111

^{2,3)} Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Surabaya, 60111

E-mail: k3wiwikkurniati@gmail.com

Abstract

Most of production activities in steel fabrication company use electrical energy supply. Reviewed from health and safety aspect, electricity have fatal impact that causes injury to death. This study aims to analyze electrical hazard on this company. NFPA 70E 2015 was used for evaluating the risk of shock hazard and arc flash, while arc blast use Ralph Lee's formula. Electrical hazard analysis is used to identify shock hazard and arc flash. According to analysis and calculation, both 500kVA and 1000kVA transformers have the farthest limited approach boundary by 1,5m. Biggest energy incident occurred on MDP2 is 5,0145cal/cm² which caused second degree burns with 1,092m arc flash boundary. While the greatest arc blast on MDP1 is 0,731psi in 0,228m working distance which caused minor damage to some buildings.

Keywords: Boundary, Electrical Hazard, NFPA 70E 2015, PPE, Ralph Lee

Abstrak

Hampir seluruh kegiatan produksi di perusahaan fabrikasi baja membutuhkan suplai energi listrik. Jika ditinjau dari aspek K3, listrik memiliki dampak fatal yang menyebabkan luka hingga kematian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bahaya listrik di perusahaan tersebut. Evaluasi risiko *shock hazard* dan *arc flash* menggunakan NFPA 70E 2015, sedangkan *arc blast* menggunakan pendekatan teori ralph lee. Metode *electrical hazard analysis* digunakan untuk identifikasi *shock hazard* dan *arc flash*. Berdasarkan analisis dan perhitungan, transformator 500kVA dan 1000kVA memiliki *limited approach boundary* terjauh sebesar 1,5m. Insiden energi terbesar termasuk kategori 2, terjadi pada MDP 2 sebesar 5,0145 cal/cm² dapat menyebabkan luka bakar derajat dua dengan nilai *arc flash boundary* sebesar 1,092 m. Sedangkan nilai *arc blast* terbesar pada MDP1 sebesar 0,731psi pada jarak kerja 0,228m yang dapat menimbulkan kerusakan kecil pada bangunan.

Kata Kunci: APD, Boundary, Electrical Hazard, NFPA 70E 2015, Ralph Lee

PENDAHULUAN

Suatu sistem proteksi di industri harus mampu bekerja sesuai dengan tujuan dan persyaratan serta fungsinya yang ditentukan terhadap jenis gangguan yang terjadi. Jika tidak mampu, akan mengakibatkan kerugian yang besar. Baik dilihat dari segi kerusakan yang luas pada peralatan instalasi, maupun terhambatnya penyaluran tenaga listrik yang berdampak terhentinya proses produksi (Prasongko,2012). Jika ditinjau dari aspek keselamatan dan kesehatan kerja, listrik memiliki dampak fatal yang dapat menyebabkan luka hingga kematian. Pada tahun 2015 tercatat ada 8,6% kematian karena listrik setiap tahunnya di Amerika, kematian ini merupakan peringkat ke-empat setelah jatuh dari ketinggian pada bidang konstruksi (38,8%) dan tertimpa benda (9,6%)(OSHA, 2015).

Perusahaan yang dijadikan penelitian merupakan perusahaan dalam bidang fabrikasi baja. Sebagian besar pekerjaan secara khusus dirancang dan dilengkapi dengan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

(SMK3), yang dioperasikan mengikuti ketentuan yang ditetapkan. Pada proses produksi khususnya divisi fabrikasi baja sebagian besar memanfaatkan suplai energi listrik, untuk kegiatannya seperti: pemotongan (*cutting material*), pengelasan (*welding*), penggerindaan (*grinding*), pengemasan (*packing*), *machining* dan juga keperluan lain seperti penerangan serta keperluan administrasi perusahaan. Ditinjau dari sisi bahayanya, sumber listrik memiliki beberapa potensi bahaya seperti *shock hazard*, *arc flash* dan *arc blast* yang dapat membahayakan keselamatan pekerja dan juga lingkungan sekitar (Cadick dkk., 2006).

Sebelum memulai pekerjaan pada area *limited approach boundary* atau pada *arc flash boundary* dari konduktor listrik bertegangan maupun dari sirkuit yang beroperasi pada tegangan 50 volt atau lebih yang terdapat bahaya listrik di dalamnya harus memiliki program keselamatan kerja listrik yang didalamnya memuat identifikasi dan prosedur dalam menilai risiko. Prosedur tersebut harus dapat mengidentifikasi proses, sehingga dapat digunakan oleh pekerja sebelum pekerjaan dimulai agar risiko yang ada dapat diidentifikasi dan dinilai serta dilakukan strategi penurunan potensi risiko. Selain itu, dalam NFPA 70E (2015), *arc flash hazard analysis* harus diperbaharui ketika ada modifikasi besar – besaran atau renovasi. Analisis ini setidaknya direview secara periodik, tidak melebihi 5 tahun, untuk menghitung perubahan sistem distribusi listrik yang dapat berakibat pada hasil *arc flash hazard analysis*.

Selain *arc flash*, bahaya listrik lainnya yaitu ledakan saat terjadi *arc flash* atau yang disebut *arc blast*. Yang tidak kalah pentingnya yaitu *shock hazard* yang berdampak mulai dari rasa sakit, terganggunya sistem syaraf, kelumpuhan sistem pernafasan, melemahnya kerja jantung, hingga jaringan kulit terbakar (Cadick dkk., 2006).

Oleh karena itu perlu dilakukan tindakan pengendalian khususnya pada peralatan – peralatan yang mengandung energi listrik agar tidak semakin memberikan dampak paparan yang lebih membahayakan terhadap pekerja. Untuk melakukan hal tersebut harus dilakukan analisis bahaya listrik untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan agar tercipta kondisi yang aman terhadap kecelakaan listrik yang ada serta sebagai pedoman untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja listrik khususnya pada transformator dan *main distribution panel* di salah satu perusahaan fabrikasi baja.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan NFPA 70E (2015) *shock hazard* adalah sebuah kondisi berbahaya yang berhubungan dengan kemungkinan pelepasan energi akibat dari kontak atau mendekat dengan konduktor listrik bertegangan atau sirkuit. Analisis *shock hazard* berdasarkan NFPA 70E 2015 berupa *approach boundary* yang terdiri dari dua, yaitu *limited approach boundary* dan *restricted approach boundary*. Berikut ini tabel yang digunakan untuk penentuan *approach boundary* konduktor listrik bertegangan sistem AC.

Tabel 1

Nominal System Voltage Range, Phase to Phase ^a	Approach boundary Sistem AC		
	Limited Approach boundary ^b		Restricted Approach Boundary ^b , (m)
	Exposed Movable Conductor ^c (m)	Exposed Fixed Circuit Part(m)	
<50V	Not specified	Not specified	Not specified
50V – 150V ^d	3.0	1.0	Avoid Contact
151V – 750V	3.0	1.0	0.3
751V – 15kV	3.0	1.5	0.7
15.1kV – 36kV	3.0	1.8	0.8
36.1kV – 46kV	3.0	2.5	0.8
46.1kV – 72.5kV	3.0	2.5	1.0
72.6kV – 121kV	3.3	2.5	1.0
138kV – 145kV	3.4	3.0	1.2
161kV – 169kV	3.6	3.6	1.3
230kV – 242kV	4.0	4.0	1.7
345kV – 362kV	4.7	4.7	2.8
500kV – 550kV	5.8	5.8	3.6
765kV – 800kV	7.2	7.2	4.9

Sumber : NFPA 70E, 2015

Arc flash adalah sebuah kondisi berbahaya yang berhubungan dengan kemungkinan pelepasan energi yang disebabkan oleh *electric arc* (NFPA 70E, 2015). Menurut Zanje & More (2015) ada sembilan faktor yang dapat menyebabkan *arc flash*, diantaranya adalah kegagalan pada insulasi, hilangnya sifat insulasi dikarenakan panas berlebih atau suhu pada peralatan, tidak tepatnya instalasi peralatan, tegangan berlebih akibat penerapan antara dua buss atau konduktor listrik yang berjarak dekat, panas berlebih atau kerusakan pada *circuit breaker*, dan panel listrik, kejadian penurunan dengan cepat yang dikarenakan *short circuit* atau percikan, perawatan yang

buruk, debu atau *moisture* dan kotoran serta penggunaan yang tidak tepat pada saat bekerja. *Arc flash hazard analysis* dapat berupa nilai *incident energy*, *arc flash boundary*, dan alat pelindung diri (APD) yang disyaratkan ketika bekerja dalam kondisi listrik yang bertegangan.

Analisis *arc flash* terbagi menjadi dua yaitu pada transformator dan *main distribution panel*. Persamaan (1) dan (2) digunakan untuk menghitung insiden energi pada konduktor bertegangan >600 V (Lee,1982).

$$E=(739 \cdot F \cdot V \cdot t_A) / D^2 \tag{1}$$

$$D_c=(2,65 \cdot /MVA_{bf}t)^{1/2} \tag{2}$$

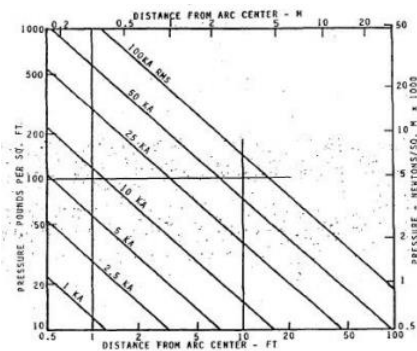
$$D_c=(53 \cdot /MVA \cdot t)^{1/2} \tag{3}$$

Sedangkan perhitungan insiden energi dan *arc flash boundary* untuk tegangan 0,208kV-15kV sebagai berikut (IEEE Std.1584,2002).

$$E=4,184C_f E_n \cdot (t/0,2) \cdot (610^x/D^x) \tag{4}$$

$$D=[4,184C_f E_n \cdot (t/0,2) \cdot (610^x/E)]^{1/x} \tag{5}$$

Bahaya listrik yang ketiga adalah ledakan yang diakibatkan busur listrik. Ralph Lee membuat suatu rumus untuk perhitungan *arc blast* dari percobaan yang telah dilakukan sebelumnya. Di bawah ini merupakan grafik percobaan dalam penelitian Ralph Lee.



Gambar 1 Grafik Percobaan Ralph Lee

Sumber : Lee, 1987

Dari gambar 1, didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$P=(11,58 \cdot I_{arc}) / D^{0,9} \tag{6}$$

Untuk akibat yang ditimbulkan oleh *arc blast*, dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2
 Kerusakan yang ditimbulkan Arc Blast

<i>Incident Overpressure (psi)</i>	<i>Damage</i>
0,15 - 0,22	<i>Typical window glass breakage</i>
0,22 - 1,1	<i>Minor damage to some buildings</i>
1,1 - 1,8	<i>Panels of sheet metal buckled</i>
1,8-2,9	<i>Failure of concrete block walls</i>
3-5	<i>Typical commercial constru destroyed</i>
5	<i>Typical membrane rupture</i>
15	<i>Tympanic membrane rupture in 50 patients</i>
30-40	<i>Possible lung injuries</i>
40	<i>Reinforced concrete constru destroyed</i>
75	<i>Lung injury in 50% patients</i>
100	<i>Possible fatal injuries</i>

<i>Incident Overpressure (psi)</i>	<i>Damage</i>
200	<i>Death most likely</i>

Sumber : Gram, dan Kinney, 1995

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan hasil sebagai berikut.

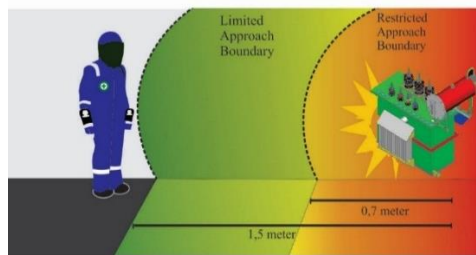
Tabel 3
 Hasil Perhitungan Bahaya Listrik

	Transformator 500kVA	Transformator 1000kVA	MDP 1	MDP 2
<i>Limited Approach boundary (m)</i>	1,5	1,5	1	1
<i>Restricted Approach boundary (m)</i>	0,7	0,7	0,3	0,3
Insiden Energi (cal/cm ²)	0,1104	1,4131	0,4	5,0148
<i>Arc flash Boundary (cm)</i>	27,7	99,3	22,8	110
<i>Arc blast (psi)</i>	0,2881	0,1314	0,731	0,2654

Sumber : Data sekunder yang diolah, 2015

Shock hazard analysis berdasarkan NFPA 70E 2015 berupa *approach boundary* untuk menentukan *approach boundary*, harus diketahui tegangan antar fasanya terlebih dahulu, sebagai contoh pada MDP 2 yang memiliki tegangan 400V, berdasarkan tabel 1, tegangan antar fasa tersebut termasuk dalam *range* 151 – 750 V, selain itu MDP2 termasuk konduktor yang tidak dapat dipindah – pindah (*fixed*), sehingga berdasarkan tabel tersebut diperoleh *limited approach boundary* 1 meter dan *restricted approach boundary* 0,3 m. Berdasarkan perhitungan, batas perlindungan bahaya kejut listrik (*limited approach boundary*) yang terjauh pada transformator 500kVA dan 1000kVA, yaitu sebesar 1,5m. Hal tersebut menyatakan jika orang yang tidak berkualifikasi mendekati konduktor terbuka dari transformator 500kVA dan 1000kVA, maka batas terdekat terhadap transformator sebesar 1,5 meter. Jika seorang yang belum terqualifikasi lebih dekat dari area *limited approach boundary*, maka harus didampingi oleh orang yang berkualifikasi. Namun jika orang yang belum berkualifikasi memasuki area *limited approach boundary* maka selain harus ditemani oleh orang yang berkualifikasi, juga harus diberitahukan potensi bahaya yang mungkin bisa terjadi.

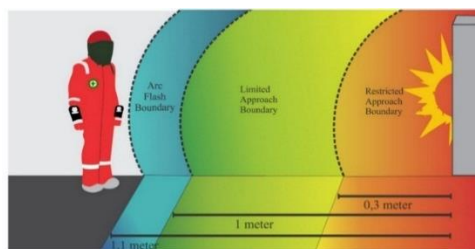
Hanya orang yang berkualifikasi yang diperbolehkan melewati area *restricted approach boundary*. Pada transformator 500kVA dan 1000kVA memiliki *restricted approach boundary* sebesar 0,7 meter. Hal tersebut menunjukkan bahwa jarak aman dalam bekerja yaitu 0,7 meter. Berikut merupakan ilustrasi *approach boundary* transformator.



Gambar 2 Approach boundary Transformator

Sumber: Data penulis 2018

Arc flash hazard analysis berdasarkan NFPA 70E 2015 berupa nilai insiden energi dan *arc flash boundary*. Insiden energi terbesar terjadi pada MDP 2 yaitu sebesar 5,0145 cal/cm² yang dapat menyebabkan luka bakar derajat dua, dengan nilai *arc flash boundary* sebesar 1,092 m. Berikut gambar 3 merupakan ilustrasi protection boundary pada MDP 2



Gambar 3 Protection Boundary Main Distribution Panel 2

Sumber: Data penulis 2018

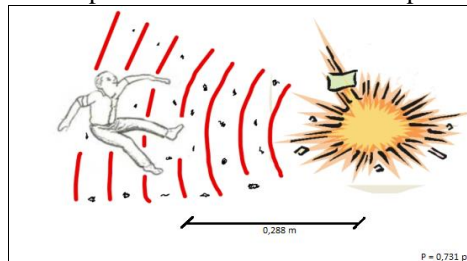
Dari nilai insiden energi tersebut, maka dapat diketahui jenis APD yang digunakan. Berikut ini merupakan tabel APD yang dipersyaratkan untuk MDP 2 yang memiliki nilai insiden energi >1,2 cal/cm².

Tabel 4
 APD untuk Insiden Energi ≥ 1.2 cal/cm² sampai 12 cal/cm²

Paparan Incident Energy ≥ 1.2 cal/cm ² sampai 12 cal/cm ²	Pakaian Pelindung dan APD
<i>Arc-rated clothing and equipment</i> dengan <i>arc rating</i> sama atau lebih besar dari <i>incident energy</i> yang ditentukan dari analisa bahaya (<i>lihat note 3</i>).	<i>Arc-rated long-sleeve shirt</i> dan <i>arc-rated pants</i> atau <i>arc-rated coverall or arc flash suit (SR)</i> (<i>lihat Note 3</i>). <i>Arc-rated face shield</i> dan <i>arc-rated balaclava</i> atau <i>arc flash suit hood (SR)</i> (<i>lihat Note 1</i>). <i>Arc-rated jacket, parka, atau rainwear (AN)</i> .
Alat Pelindung Diri lain	<i>Hard hat (topi)</i> . <i>Arc-rated hard hat liner (AN)</i> . <i>Safety glasses</i> atau <i>safety goggles (SR)</i> . Pelindung pendengaran. Sarung tangan kulit atau sarung tangan insulasi karet dengan lapisan kulit (<i>lihat Note 4</i>). Sepatu kerja kulit

Sumber : NFPA 70E, 2015

Arc blast Hazard Analysis berdasarkan teori pendekatan Ralph Lee berupa tekanan yang dihasilkan pada saat *arc blast*. Nilai *arc blast* terbesar pada MDP 1 sebesar 0,731 psi pada jarak kerja 0,228 m yang dapat menimbulkan kerusakan kecil pada bangunan. Berikut merupakan ilustrasi untuk *arc blas* pada MDP 1.



Gambar 4 Arc Blast pada Main Distribution Panel 1

Sumber: Data penulis 2018

KESIMPULAN

Identifikasi bahaya listrik yang telah dilakukan pada transformator 500kVA, 1000kVA, MDP 1 dan MDP 2 sebagai berikut. *Shock hazard analysis* berdasarkan NFPA 70E 2015 berupa *approach boundary* yang terdiri dari *limited approach boundary* dan *restricted approach boundary*. *Limited approach boundary* yang terjauh pada transformator 500kVA dan 1000kVA, yaitu sebesar 1,5m. *Arc flash hazard analysis* berdasarkan NFPA 70E 2015 berupa nilai insiden energi dan *arc flash boundary*. Insiden energi terbesar termasuk kategori 2, terjadi pada MDP 2 yaitu sebesar 5,0145 cal/cm² dengan nilai *arc flash boundary* sebesar 1,092 m. *Arc blast Hazard Analysis* berdasarkan teori pendekatan Ralph Lee berupa tekanan yang dihasilkan pada saat *arc blast*. Nilai *arc blast* terbesar pada MDP 1 sebesar 0,731 psi pada jarak kerja 0,228 m menimbulkan kerusakan kecil pada bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cadick, John; Schellpfeffer, Mary Capelli; Neitzel, D. (2006). *Electrical Safety Handbook* (3rd ed.). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Gram, dan Kinney. (1995). Explosive Blast. *Buildings*, 1–14. <https://m.indiamart.com>. diakses pada 5 Juni 2018
- IEEE 1584. (2002). IEEE Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculation. *The Institut of Electrical and Electronic Engineering*.
- Lee, Ralph. (1987). Pressure Developed by Arc. *IEEE Transaction On Industry Application, IA*, 760–764.
- Lee, Ralph. (1982). The Other Electrical Hazard: Electric Arc Blast Burns. *IEEE Transaction On Industry*

Application. Vol.1A-18.No.3

NFPA 70E. (2015). Standard for Electrical Safety in the Workplace 2015 Edition.

Occupational Safety and Health Administration. (2015). OSHA Data and Statistic.

Prasongko, F. A., Pujiantara, I. M., Ir, P., Penangsang, O., & Sc, M. (2012). Analisis Dan Reduksi Bahaya Arc Flash Pada, *I*(1), 1–5.

Zanje, A. K., & More, P. S. S. (2015). *Arc Flash Hazard : An Overview and It ' s Calculation Methods*.Vol.5.