

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN TUGAS .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xviii
INTISARI.....	xx
<i>ABSTRACT</i> .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I. 1. Latar Belakang.....	1
I. 1. 1. Pengembangan TAHRMoPS .....	1
I. 1. 2. Ancaman Sabotase pada TAHRMoPS .....	3
I. 1. 3. Regulasi Keamanan Instalasi Nuklir.....	4
I. 2. Rumusan Masalah.....	5
I. 3. Batasan Masalah .....	5
I. 4. Tujuan .....	6
I. 5. Manfaat .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
II. 1. Penentuan Skenario Serangan Sabotase .....	7
II. 1. 1. Pohon Kegagalan.....	7
II. 1. 2. Pohon Kejadian .....	8
II. 1. 3. Pohon Serangan .....	9
II. 1. 4. <i>Target Identification</i> (TARGI) .....	10

II. 2. Perancangan Sistem Proteksi Fisik.....	12
II. 3. Penentuan Efektivitas SPF dengan Pohon Serangan Pertahanan .....	14
<b>BAB III DASAR TEORI .....</b>	<b>16</b>
III. 1. Sistem Proteksi Fisik.....	16
III. 1. 1. Deteksi.....	17
III. 1. 2. Penundaan .....	18
III. 1. 3. Tanggapan .....	18
III. 2. Penilaian Ancaman dan <i>Design Basis Threat</i> (DBT) .....	19
III.3. Sabotase.....	19
III.4. Instalasi Nuklir .....	20
III.5. Efektivitas SPF.....	21
III.6. Metode Pohon Serangan dan Pohon Serangan Pertahanan (PSP) .....	23
<b>BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
IV.1. Alat Penelitian.....	26
IV.2. Tata Pelaksanaan Penelitian.....	26
IV.2.1. Perancangan SPF .....	26
IV.2.2. Penggunaan Metode PSP .....	32
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
V.1. Penentuan Tujuan SPF .....	33
V.1.1. Karakterisasi Fasilitas .....	33
V.1.2. Definisi Ancaman.....	36
V.1.3. Identifikasi Target .....	39
V.2. Perancangan Desain SPF.....	70
V.2.1. Ulasan Elemen SPF.....	70
V.2.2. Rangkuman Elemen SPF.....	92
V.3. Penentuan Efektivitas SPF dengan Probabilitas Keberhasilan Serangan..	99

V.3.1. Perhitungan Nilai Probabilitas Keberhasilan Serangan dengan Metode PSP .....	99
V.3.2. Perbandingan hasil $P_s$ .....	117
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	118
VI.1. Kesimpulan .....	118
VI.2. Saran .....	118
DAFTAR PUSTAKA .....	119
LAMPIRAN A PENGGOLONGAN BAHAN BAKAR.....	129
LAMPIRAN B PERHITUNGAN PROBABILITAS KEJADIAN MULA DENGAN METODE MAUT .....	131
LAMPIRAN C LAMBANG ELEMEN SPF .....	133

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Hasil produk fisi U-233 dengan energi neutron 0,0253 eV [9].....	2
Gambar 2. 1. Pohon kegagalan [19].....	8
Gambar 2. 2. Pohon kejadian [19]. ....	8
Gambar 2. 3. Pohon serangan [19].....	9
Gambar 2. 4. Bagan pembuatan TARGI [19]. ....	11
Gambar 2. 5. Tampak atas kawasan reaktor [23].....	13
Gambar 2. 6. Tampak atas bagian reaktor [23].....	13
Gambar 2. 7. Diagram waktu ukuran efektivitas SPF [30].....	22
Gambar 3. 1. Fungsi deteksi dalam SPF[19]. ....	17
Gambar 3. 2. Contoh serangan terhadap akun bank [20].....	24
Gambar 4. 1. Diagram langkah perancangan SPF dari Garcia [30].....	26
Gambar 5. 1. Pembagian wilayah pada gedung TAHRMoPS. Nomor (1) menunjukkan kantor administrasi, (2) menunjukkan MoP dan <i>truck bay</i> dan (3) menunjukkan TAHR. Nomor (2) dan (3) merupakan daerah vital. Bagian (a) adalah tampak atas, (b) adalah tampak depan dan (c) adalah tampak samping dari gedung TAHRMoPS.....	33
Gambar 5. 2. Tampak atas <i>wet well</i> . ....	34
Gambar 5. 3. Alur lokasi produksi Mo-99 dari bahan bakar di reaktor hingga pengemasan. ....	35
Gambar 5. 4. Jalur manusia menuju target.....	56
Gambar 5. 5. Pohon serangan pada ‘penetrasi perbatasan’.....	57
Gambar 5. 6. Pohon serangan pada ‘penetrasi perbatasan secara <i>stealth</i> ’.....	57
Gambar 5. 7. Pohon serangan pada ‘penyusupan langsung’.....	58
Gambar 5. 8. Pohon serangan pada ‘penetrasi perbatasan secara <i>deceit</i> ’.....	58

Gambar 5. 9. Pohon serangan pada ‘penetrasi perbatasan secara <i>force</i> ’ . . . . .	59
Gambar 5. 10. Pohon serangan pada ‘penyelundupan barang terlarang melewati perbatasan’ . . . . .	61
Gambar 5. 11. Pohon serangan pada ‘infiltrasi daerah vital’ . . . . .	63
Gambar 5. 12. Pohon serangan pada ‘infiltrasi daerah vital secara diam-diam menuju daerah vital’ . . . . .	63
Gambar 5. 13. Pohon serangan pada ‘infiltrasi daerah vital secara <i>stealth</i> ’ . . . . .	64
Gambar 5. 14. Pohon serangan pada ‘pembawaan barang terlarang ke daerah vital’ . . . . .	66
Gambar 5. 15. Pohon serangan pada ‘pembawaan barang terlarang ke daerah vital melalui lift’ . . . . .	66
Gambar 5. 16. Pohon serangan pada ‘pembawaan barang terlarang ke daerah vital melalui selain lift’ . . . . .	67
Gambar 5. 17. Pohon serangan pada ‘pemutusan aliran listrik’ . . . . .	68
Gambar 5. 18. Pohon serangan pada ‘sabotase <i>hot cell service</i> ’ . . . . .	69
Gambar 5. 19. Ilustrasi sensor gelombang mikro [66]. . . . .	71
Gambar 5. 20. Skema pemasangan <i>fiber optic</i> dari perusahaan Hitachi [67]. . . . .	72
Gambar 5. 21. Ilustrasi <i>fixed bullet</i> CCTV [70]. . . . .	73
Gambar 5. 22. Ilustrasi pintu darurat pada pagar [72]. . . . .	73
Gambar 5. 23. Ilustrasi detektor logam seluruh tubuh [73]. . . . .	74
Gambar 5. 24. Ilustrasi pemindai x-ray untuk barang bawaan [74]. . . . .	75
Gambar 5. 25. Ilustrasi sensor infra merah untuk kendaraan [75]. . . . .	75
Gambar 5. 26. Ilustrasi detektor x-ray <i>portable</i> [76]. . . . .	76
Gambar 5. 27. Ilustrasi <i>dome</i> PTZ CCTV [77]. . . . .	76
Gambar 5. 28. Ilustrasi detektor <i>drone</i> [78]. . . . .	77
Gambar 5. 29. Waktu penyimpanan video berdasar kualitas dan kapasitas [81]. . . . .	79
Gambar 5. 30. Ilustrasi perangkat komputer, komunikasi, konsol kendali dan monitor [82]. . . . .	80
Gambar 5. 31. Contoh tata letak CAS [83]. . . . .	81
Gambar 5. 32. Ilustrasi pemindai iris [86]. . . . .	82
Gambar 5. 33. Penanaman pagar pada fondasi beton [71]. . . . .	85

Gambar 5. 34. Ilustrasi pagar <i>chain link</i> dengan kawat berduri dan batang baja formasi Y atau V [87].	85
Gambar 5. 35. Ilustrasi <i>deadman anchor</i> [71].	86
Gambar 5. 36. (a) Energi peluru untuk kaca seluruhnya sehingga kaca pecah (b) Penyerapan energi peluru oleh lapisan polikarbonat. Lapisan biru: kaca biasa, lapisan merah: polikarbonat [89].	87
Gambar 5. 37. Ilustrasi <i>pneumatic barrier</i> [90].	87
Gambar 5. 38. Ilustrasi peredam kecepatan [92].	88
Gambar 5. 39. Ilustrasi <i>concreate barrier</i> [93].	88
Gambar 5. 40. Ilustrasi teralis saluran air [71].	89
Gambar 5. 41. Ilustrasi anti <i>drone</i> [97].	91
Gambar 5. 42. Penempatan elemen SPF pada perbatasan. Nomor (1) menunjukkan sensor gelombang mikro dan nomor (2) adalah kabel <i>fiber optic</i> .	96
Gambar 5. 43. Desain proteksi fisik pada perbatasan kawasan TAHRMoPS. ....	97
Gambar 5. 44. Desain proteksi fisik pada kantor administrasi. ....	97
Gambar 5. 45. Desain proteksi fisik pada pos keamanan depan. ....	98
Gambar 5. 46. Desain proteksi fisik pada <i>Molybdenum Production</i> . ....	98
Gambar 5. 47. Pohon serangan pertahanan pada ‘penetrasi perbatasan’. ....	102
Gambar 5. 48. Pohon serangan pertahanan pada ‘penetrasi perbatasan secara <i>stealth</i> ’	102
Gambar 5. 49. Pohon serangan pertahanan pada ‘penyusupan langsung’	103
Gambar 5. 50. Pohon serangan pertahanan pada ‘penetrasi perbatasan dengan bantuan pihak dalam’.	104
Gambar 5. 51. Pohon serangan pertahanan pada ‘penetrasi perbatasan secara <i>deceit</i> ’	104
Gambar 5. 52. Pohon serangan pertahanan pada ‘penetrasi perbatasan secara <i>force</i> ’.	105
Gambar 5. 53. Pohon serangan pertahanan pada ‘penyelundupan barang terlarang melewati perbatasan’	106
Gambar 5. 54. Pohon serangan pertahanan pada ‘penyelundupan barang terlarang dengan paket’	106

Gambar 5. 55. Pohon serangan pertahanan pada ‘infiltrasi daerah vital’. .....	107
Gambar 5. 56. Pohon serangan pertahanan pada ‘infiltrasi daerah vital secara diam-diam’ .....	108
Gambar 5. 57. Pohon serangan pertahanan pada ‘infiltrasi daerah vital secara <i>stealth</i> ’ .....	108
Gambar 5. 58. Pohon serangan pertahanan pada infiltrasi daerah vital secara <i>stealth</i> melalui lift. ....	109
Gambar 5. 59. Pohon serangan pertahanan pada ‘pembawaan barang terlarang ke daerah vital’ .....	110
Gambar 5. 60. Pohon serangan pertahanan pada ‘pembawaan barang terlarang ke daerah vital melalui lift’ .....	111
Gambar 5. 61. Pohon serangan pertahanan pada ‘pemutusan aliran listrik’ .....	113
Gambar 5. 62. Pohon serangan pertahanan pada ‘sabotase <i>hot cell service</i> ’ .....	115

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Probabilitas terjadinya serangan awal pada VANET [21] .....	10
Tabel 4. 1. Contoh analisis morfologi oleh Isakkson dan Ritchey [38]. .....	29
Tabel 4. 2. Nilai atribut. ....	31
Tabel 5. 1. Pemetaan kemampuan senjata potensi pengancam.....	39
Tabel 5. 2. Pemetaan pengetahuan sistem potensi pengancam. ....	40
Tabel 5. 3. Perkiraan bentuk serangan TAHRMoPS. ....	41
Tabel 5. 4. Matriks sabotase TAHRMoPS.....	49
Tabel 5. 5. Skenario serangan TAHRMoPS. ....	51
Tabel 5. 6. Justifikasi kejadian mula pohon serangan ‘penetrasi perbatasan’. ....	59
Tabel 5. 7. Justifikasi kejadian mula pohon serangan ‘penyelundupan barang terlarang melalui perbatasan’ .....	62
Tabel 5. 8. Justifikasi kejadian mula pohon serangan ‘infiltrasi daerah vital’ .....	65
Tabel 5. 9. Justifikasi kejadian mula pohon serangan ‘pembawaan barang terlarang ke daerah vital’ .....	67
Tabel 5. 10. Justifikasi kejadian mula pohon serangan ‘pemutusan aliran listrik’. .....	69
Tabel 5. 11. Justifikasi kejadian mula pohon serangan sabotase <i>hot cell service</i> . 70	
Tabel 5. 12. Rangkuman elemen SPF TAHRMoPS. ....	92
Tabel 5. 13. Probabilitas keberhasilan elemen SPF. ....	99
Tabel 5. 14. Justifikasi kejadian mula infiltrasi daerah vital.....	110
Tabel 5. 15. Justifikasi kejadian mula ‘pembawaan barang terlarang melalui daerah vital’ .....	112
Tabel 5. 16. Justifikasi kejadian mula ‘pemutusan aliran listrik’ .....	114
Tabel 5. 17. Justifikasi kejadian mula ‘sabotase <i>hot cell service</i> ’. ....	115
Tabel 5. 18. Hasil pengujian $P_s$ . ....	117

Tabel A. 1: Penggolongan bahan bakar sesuai Perka Bapeten No. 1 tahun 2009 [29]. .....	129
Tabel B. 1. Probabilitas kejadian mula pohon serangan penetrasi perbatasan....	131
Tabel B. 2. Probabilitas kejadian mula pohon serangan penyelundupan barang terlarang melalui perbatasan. ....	132
Tabel B. 3. Probabilitas kejadian mula pohon serangan infiltrasi daerah vital...	132
Tabel B. 4. Probabilitas kejadian mula pohon serangan pemutusan aliran listrik. .....	132
Tabel C. 1. Nama lambang elemen SPF. ....	133