

**STUDI BENTUK 'S' SEBAGAI ALTERNATIF BENTUK PENGUSAPAN TES USAP
UNTUK MENENTUKAN TINGKAT KONTAMINASI RADIOAKTIF PERMUKAAN**
*(The Study of "S" Smear Method as An Alternative of Smear Test
for Surface Radioactive Contamination Determination)*

Ester Wijayanti¹, Faridah²

ABSTRACT

Smear test is an indirect method to measure the level of surface radioactive contamination. The smearing method has been developed with "S" smear as well as spiral method.

The device of smear tes is succesfully tested by using 'S' smeared method, to determine the level of radioactive contamination on a surface. Smear test device is tested according to the contaminated level analysis which involved change of the length of cotton bud, the different of initial activity and the results of the research will be compared with those of the spiral method.

The conclusion is that the longer cotton bud used, it makes the pressure decrease and that it will decrease the removal factor and the level of surface contamination. The results of observation show that 3.5 cm smearer cotton bud works optimally which have removal factor was 3.940%, 3.845%, 3.857 %, 3,870%, and 3.884% with the contaminated level of 18.127 Bq/cm², 36.241 Bq/cm², 54.222 Bq/cm², 70.374 Bq/cm², and 86.209 Bq/cm², respectively. The level of surface radioactive contamination by 'S' method was lower than by the spiral method.

Keywords: smear test, surface radioactive contamination, 'S' method.

PENDAHULUAN

Suatu daerah kerja yang menggunakan senyawa radioaktif, selalu dilakukan pemantauan tingkat kontaminasi karena mempunyai potensi adanya bahaya kontaminasi radioaktif. Kontaminasi permukaan dapat terjadi karena banyak hal. Tanpa terjadi kecelakaan, daerah kerja yang menggunakan zat radioaktif sumber terbuka dapat mengalami kontaminasi radioaktif permukaan, walaupun dalam tingkat yang tidak terlalu tinggi. Pemantauan tak langsung yang biasa digunakan adalah menggunakan tes usap (*smear test*) dengan gerakan melingkar (spiral) menggunakan tangan manusia dan setelah itu dilakukan pencacahan pada sampel kertas usap. Cara manual tersebut menyebabkan adanya ketidakpastian fraksi kontaminan yang terbawa ke kertas usap karena perbedaan tekanan dan luas tangan pengambil sampel. Untuk kepentingan tersebut diperlukan peralatan pantau yang praktis namun akurat, peka terhadap berbagai jenis radiasi, serta seminimal mungkin terjadi kontak antara manusia dan zat radioaktif.

Wijayanti, dkk (2003) telah membuat alat tes usap dengan metode pengusapan spiral. Alfaroby (2008), Junaedi (2008), Mujiwiyono (2008), dan Lumbantoruan (2008) juga telah membuat alat tes usap berbasis robotik dengan metode pengusapan "S". Penggunaan robot dimaksudkan untuk menggantikan tangan manusia dalam melakukan tes usap, sehingga perbedaan tekanan dan luasan tangan bisa

diminimalkan dan tingkat kontaminasi permukaan terukur lebih akurat.

Berdasarkan *International Atomic Energy Agency* (2005) diketahui adanya metode pengusapan selain gerakan memutar atau spiral, yaitu bentuk "S" yang masih dilakukan tangan manusia. Metode ini tergolong baru mengingat penggunaannya masih belum dipakai secara luas. Metode pengusapan bentuk 'S' merupakan salah satu alternatif bentuk pengusapan selain gerakan memutar atau spiral.

Untuk menentukan tingkat kontaminasi radioaktif permukaan perlu dilakukan studi bentuk "S" dengan menggunakan alat tes usap baru yang dibuat Alfaroby (2008), Junaedi (2008), Mujiwiyono (2008), dan Lumbantoruan (2008) yang dapat difungsikan membentuk pola pengusapan yang diinginkan dan cara kerja yang berbeda dari alat sebelumnya yang dibuat Wijayanti, dkk (2003)

LANDASAN TEORI

Tes usap adalah salah satu metode pemantauan kontaminasi permukaan secara tidak langsung. Tes usap secara manual dilakukan dengan mengusapkan kertas usap pada permukaan yang dipantau seluas 10 x 10 cm² dan setelah itu dilakukan pencacahan terhadap kertas usap. Dari hasil pencacahan kertas usap dapat dihitung tingkat kontaminasi daerah yang dipantau. Proses pengambilan sampel dengan kertas usap diulang hingga seluruh daerah yang diduga

¹Ester Wijayanti, Ir. MT., Staf Pengajar Jurusan Teknik Fisika, Universitas Gadjah Mada.

²Faridah, ST., MSc., Staf Pengajar Jurusan Teknik Fisika, Universitas Gadjah Mada.

terjadi kontaminasi telah dipantau semuanya. Pada saat pengambilan sampel, kemungkinan fraksi kontaminan yang pindah ke kertas usap antara 0% sampai 100%. Tetapi pada umumnya faktor pindah berkisar antara 10% sampai 20% (International Atomic Energy Agency, 1970).

Tes usap tergantung pada beberapa faktor antara lain:

1. Jenis, bentuk dan sifat kimia permukaan yang diusap
2. Jenis radionuklida yang terdapat pada permukaan.

Setelah melaksanakan tes usap perlu diketahui besar kontaminan yang terikat ke kertas usap dengan melakukan perhitungan terhadap harga faktor pindah. Faktor pindah merupakan persentase kontaminan yang berpindah dari permukaan ke kertas usap. Harga faktor pindah didapatkan dari Persamaan 1.

$$FP = \frac{C_1}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

dengan,

- FP : Faktor pindah
- C_0 : Cacah (aktivitas) kontaminan awal (cpm)
- C_1 : Cacah (aktivitas) kontaminan terikat ke kertas usap (cpm)

Faktor pindah dapat juga dipahami sebagai suatu peristiwa perpindahan massa dengan menggunakan persamaan Hukum Fick (Welty, 1984) sebagai berikut:

$$n_A = - D_{AB}^h \frac{\partial \rho_A}{\partial z} \quad (2)$$

dengan,

- n_A : fluks massa kontaminan A, (kg/det.m²)
- ρ_A : massa jenis kontaminan A, (kg/m³)

D_{AB}^h : dispersi hidrodinamik kontaminan A ke kertas usap B, (m²/det)

z : jarak perpindahan massa, (m)

Dengan diketahuinya faktor pindah dari kertas usap yang digunakan maka dapat ditentukan besar tingkat kontaminasi radioaktif permukaan. Tingkat kontaminasi permukaan ditentukan dengan rumus (Suratman, 2001) :

$$Tk = Cc \times \frac{100}{Ed} \times \frac{1}{S} \times \frac{100}{FP} \quad (3)$$

dengan,

- Tk : Tingkat kontaminasi (Bq/cm²)
- Cc : Laju cacah terkoreksi cacah latar (cps)
- Ed : Efisiensi alat ukur (%)
- S : Luas derah yang dipantau (cm²)
- FP : Faktor Pindah (%)

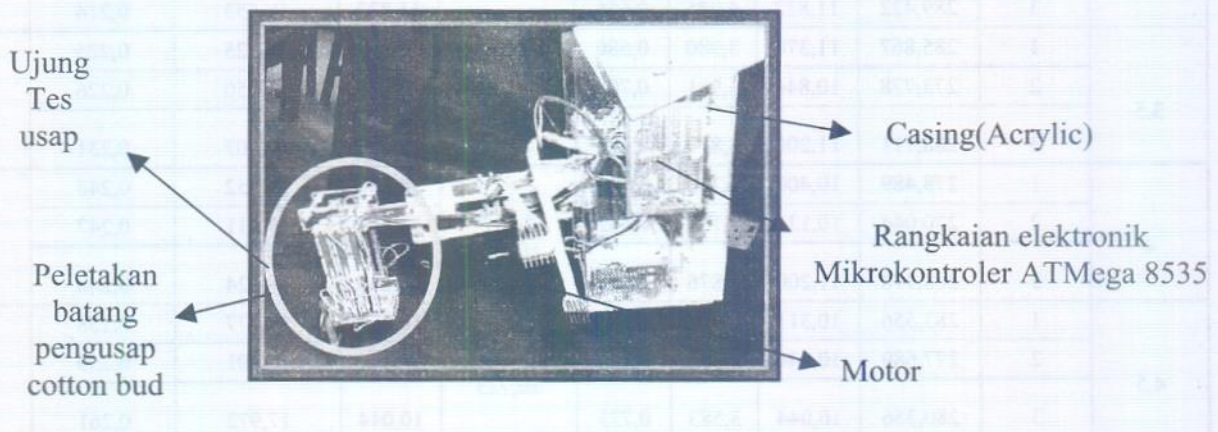
METODOLOGI

Alat :

1. Unit cacah Geiger Muller
2. Alat tes usap yang bisa dipakai untuk pengusapan bentuk "S" pada daerah pantau 10 x 10 cm², seperti pada Gambar 1.

Bahan :

1. Larutan Na¹³¹I, aktivitas jenis 12,17 mCi/10 ml pada tanggal 23 Oktober 2007
2. Porselin 10 cm x 10 cm
3. Cotton bud
4. Planset Tinta, untuk pengujian bentuk "S".
5. Alkohol, sebagai larutan pencuci.



Gambar 1. Alat Tes Usap Dibawa Robot

Pelaksanaan Penelitian

1. Dilakukan perhitungan untuk mencari aktivitas sumber setelah waktu tertentu
2. Diteliti pengaruh panjang *cotton bud* terhadap Faktor Pindah dan tingkat kontaminasi, dengan langkah :
 - a. Dilakukan kontaminasi dengan cara meneteskan cairan zat radioaktif ke porselin yang telah dibersihkan dengan alkohol, dikeringkan beberapa saat dengan menggunakan lampu pengering dan setelah benar-benar kering dilakukan pencacahan (Co).
 - b. Dilakukan pengusapan bentuk "S" pada porselin yang telah terkontaminasi dengan aktifitas tertentu dengan panjang *cotton bud* 3 cm; 3,5 cm; 4 cm dan 4,5 cm, kemudian dilakukan pencacahan terhadap *cotton bud* (C₁) dengan alat ukur yang telah diketahui efisiensinya.
3. Diteliti pengaruh aktifitas awal kontaminan terhadap Faktor Pindah dan tingkat kontaminasi, dengan langkah :
 - a. Ditentukan pola pengusapan "S" terbaik dengan pengusapan menggunakan tinta pada kertas pada panjang *cotton bud* 3 cm; 3,5 cm; 4 cm dan 4,5 cm.
 - b. Pada pola pengusapan terbaik, dilakukan pengusapan pada porselin yang telah terkontaminasi dengan berbagai aktifitas

- kontaminan (Co), kemudian dilakukan pencacahan terhadap *cotton bud* (C₁) dengan alat ukur yang telah diketahui efisiensinya.
4. Dilakukan perhitungan dan analisis terhadap hasil-hasil penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

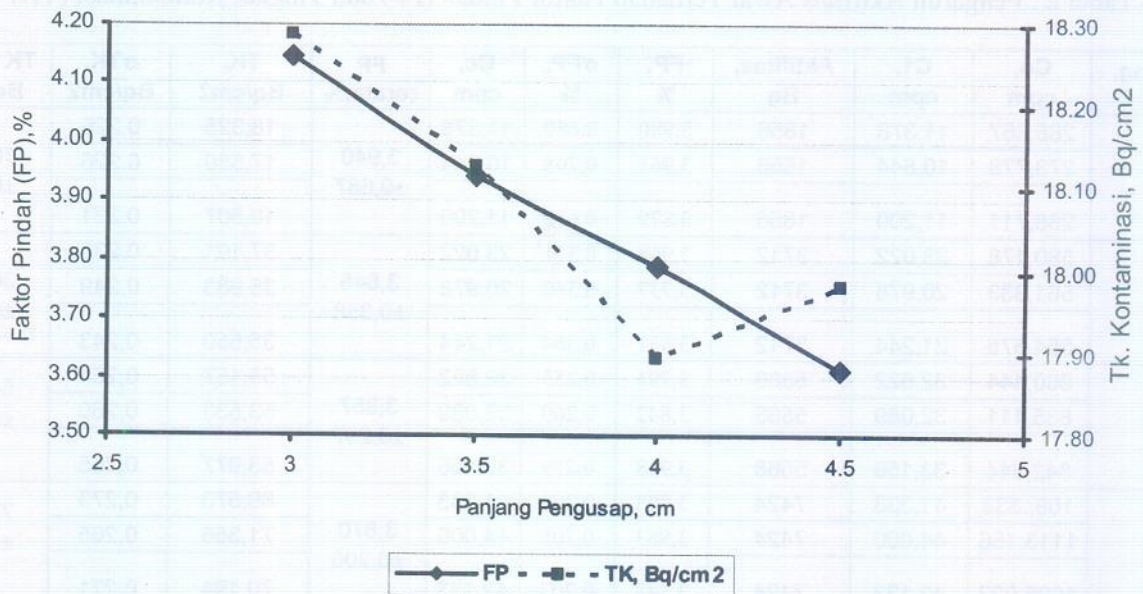
Pengaruh Panjang *Cotton Bud*

Unjuk kerja alat yang dibuat ditentukan dengan cara melakukan perubahan panjang yang diberikan, dengan maksud mewakili tekanan pengusapan.

Berdasarkan data hasil pencacahan dibuat perhitungan-perhitungan sehingga diperoleh hasil seperti Tabel 1 dan Gambar 3. Pada Tabel 1 dan Gambar 3 terlihat semakin panjang batang *cotton bud* yang berarti tekanan pengusapan semakin kecil, kontaminan yang terikut *cotton bud* semakin sedikit, sehingga faktor pindah semakin kecil. Jika dianggap peristiwa tersebut sebagai peristiwa perpindahan massa kontaminan Na¹³¹I ke *cotton bud*, maka tekanan pengusapan makin kecil, nilai dispersi hidrodinamik (D_{AB}^h) juga semakin kecil, sehingga pada waktu dan luasan yang sama semakin sedikit kontaminan yang berpindah ke *cotton bud*. Jika nilai faktor pindah dipergunakan untuk mengetahui tingkat kontaminasi permukaan menggunakan Persamaan 3, maka terbukti nilainya sama dengan kontaminan awal yang diusapkan pada permukaan porselin.

Tabel 1. Pengaruh Panjang Pengusap Terhadap Faktor Pindah (FP) dan Tingkat Kontaminasi (TK)

Panjang cm	Sampel ke	Co, cpm	C ₁ , cpm	FP, %	σFP, %	FP rerata, %	Cc, cpm	TK, Bq/cm ²	σTK, Bq/cm ²	TK rerata, Bq/cm ²
3	1	289,244	12,000	4,149	0,656	4,145 ±0,665	12,000	18,541	0,211	18,287 ±0,211
	2	277,156	11,644	4,201	0,684		11,644	17,766	0,208	
	3	289,422	11,822	4,085	0,656		11,822	18,553	0,214	
3,5	1	285,867	11,378	3,980	0,680	3,940 ±0,687	11,378	18,325	0,225	18,127 ±0,227
	2	273,778	10,844	3,961	0,708		10,844	17,550	0,226	
	3	288,711	11,200	3,879	0,672		11,200	18,507	0,231	
4	1	278,489	10,400	3,734	0,721	3,788 ±0,720	10,400	17,852	0,248	17,896 0,245
	2	270,044	10,133	3,752	0,742		10,133	17,311	0,247	
	3	288,978	11,200	3,876	0,697		11,200	18,524	0,240	
4,5	1	283,556	10,311	3,636	0,716	3,612 ±0,723	10,311	18,177	0,258	17,983 ±0,259
	2	277,689	10,044	3,617	0,730		10,044	17,801	0,259	
	3	280,356	10,044	3,583	0,723		10,044	17,972	0,261	



Gambar 2. Grafik panjang pengusap *cotton bud* terhadap faktor pindah

Pengaruh Aktivitas Awal

Alat dicoba terlebih dahulu dengan pengusap *cotton bud* yang dicelupkan ke tinta dengan menggunakan kertas HVS sebagai tempat pengusapan. Batang pengusap *cotton bud* yang terbuat dari plastik mengakibatkan batang pengusap mudah lentur sehingga menimbulkan pola usap yang berbeda-beda dan terjadi lekukan dalam pembentukan pola yang diinginkan. Hasilnya seperti pada Gambar 3.a, 3.b, 3.c., dan 3.d. Gambar 3.b. menunjukkan pola gerakan 'S' paling baik dibanding gambar yang lain, sehingga selanjutnya dipakai panjang *cotton bud* 3,5 cm.

Tabel 2 dan Gambar 4. menunjukkan bahwa pengaruh aktivitas awal tidak berpengaruh terhadap harga faktor pindah.

Semakin besar konsentrasi kontaminan (C_0), maka semakin banyak kontaminan yang diserap oleh kertas usap (C_1). Faktor pindah yang merupakan rasio antara kontaminan yang terikat ke kertas usap terhadap kontaminan awal akan memberikan harga tetap. Hal tersebut sesuai dengan Persamaan 2, yaitu semakin besar konsentrasi kontaminan maka gradien konsentrasi semakin besar. Pada waktu dan luasan yang sama perpindahan massa $Na^{131}I$ juga semakin besar.



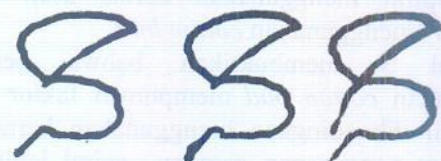
Gambar 3.a. Panjang *Cotton bud* 3,0 cm



Gambar 3.b. Panjang *Cotton bud* 3,5 cm



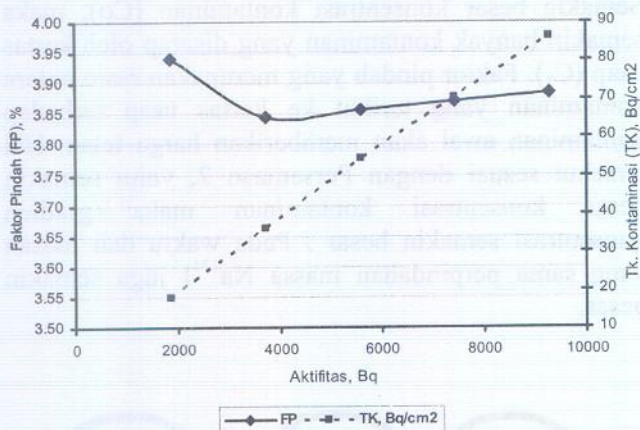
Gambar 3.c. Panjang *Cotton bud* 4,0 cm



Gambar 3.d. Panjang *Cotton bud* 4,5 cm

Tabel 2 . Pengaruh Aktifitas Awal Terhadap Faktor Pindah (FP) dan Tingkat Kontaminasi (TK)

Panjang, cm	Co, cpm	C1, cpm	Aktifitas, Bq	FP, %	σ FP, %	Cc, cpm	FP rerata, %	TK, Bq/cm ²	σ TK, Bq/cm ²	TK rerata, Bq/cm ²
3,5	285,867	11,378	1856	3,980	0,680	11,378	3,940 ±0,687	18,325	0,225	18,127 ±0,227
	273,778	10,844	1856	3,961	0,708	10,844		17,550	0,226	
	288,711	11,200	1856	3,879	0,672	11,200		18,507	0,231	
3,5	580,178	23,022	3712	3,968	0,351	23,022	3,845 ±0,358	37,191	0,236	36,241 ±0,243
	561,333	20,978	3712	3,737	0,360	20,978		35,983	0,249	
	554,578	21,244	3712	3,831	0,364	21,244		35,550	0,243	
3,5	860,444	32,622	5568	3,791	0,253	32,622	3,857 ±0,257	55,157	0,264	54,222 ±0,260
	835,111	32,089	5568	3,842	0,260	32,089		53,533	0,260	
	842,044	33,156	5568	3,938	0,259	33,156		53,977	0,255	
3,5	108,333	41,333	7424	3,808	0,208	41,333	3,870 ±0,206	69,573	0,273	70,374 ±0,270
	1113,156	44,000	7424	3,953	0,205	44,000		71,356	0,265	
	1095,022	42,133	7424	3,848	0,207	42,133		70,194	0,271	
3,5	1353,067	53,600	9280	3,961	0,175	53,600	3,884 ±0,175	86,735	0,274	86,209 ±0,279
	1335,200	52,000	9280	3,895	0,176	52,000		85,590	0,278	
	1346,311	51,111	9280	3,796	0,174	51,111		86,302	0,284	



Gambar 4. Grafik aktivitas terhadap faktor pindah .

Perbandingan dengan Metode Spiral

Tabel 3 memperlihatkan hasil faktor pindah metode spiral menggunakan kertas usap dengan metode "S" menggunakan *cotton bud*.

Tabel 3 membuktikan bahwa penelitian menggunakan *cotton bud* mempunyai faktor pindah lebih kecil dibandingkan menggunakan kertas usap karena luas pengusapan gerakan spiral lebih besar dibandingkan dengan luas pengusapan bentuk 'S'.

Nilai faktor pindah kedua metode lebih rendah dari 10% seperti hasil IAEA (1970). Hal tersebut bisa terjadi karena adanya perbedaan bentuk dan jenis permukaan, media pengusap dan instrumen pencacahan.

Tabel 3. Hasil Tes Usap menggunakan *cotton bud* dengan menggunakan kertas usap

Panjang (cm)	Kertas Usap (Spiral)		<i>Cotton bud</i> ("S")	
	Luas pengusapan (cm ²)	Faktor Pindah (%)	Luas pengusapan (cm ²)	Faktor Pindah (%)
3	67,2	6	3,94	4,149
3	62,4	5,96	4,12	4,201
3	71,34	6,15	3,9	4,085
3,5	62,69	5,86	4,44	3,980
3,5	52,57	5,63	4,86	3,961
3,5	60,5	5,81	4,9	3,879
4	71,9	5,59	4,2	3,734
4	64,62	5,62	4,88	3,752
4	67,53	5,62	4,56	3,876
4,5	65,9	5,52	4,8	3,636
4,5	63,35	5,44	5	3,617
4,5	64,83	5,42	5,26	3,583

KESIMPULAN

1. Telah berhasil dilakukan tes usap dengan metode usap bentuk "S" untuk menentukan tingkat kontaminasi radioaktif permukaan dengan menggunakan alat usap berbasis robotik.
2. Pada aktivitas kontaminan tetap, tingkat kontaminasi menurun dengan bertambah

panjangnya batang pengusap, yaitu 18,287 Bq/cm², 18,127 Bq/cm², 17,896 Bq/cm², 17,983 Bq/cm², berturut-turut untuk panjang 3 cm, 3,5 cm, 4 cm dan 4,5 cm.

3. Diperoleh bentuk 'S' terbaik pada panjang pengusap *cotton bud* 3,5 cm.
4. Pada panjang batang pengusap yang tetap 3,5 cm, tingkat kontaminasi permukaan naik sesuai dengan kenaikan aktivitas kontaminan yaitu 18,127 Bq/cm², 36,241 Bq/cm², 54,222 Bq/cm², 70,374 Bq/cm², 86,209 Bq/cm² berturut-turut untuk aktivitas 1856 Bq, 3712 Bq, 5568 Bq, 7424 Bq dan 9280 Bq.
5. Pengukuran menggunakan metode pengusapan 'S' memberikan nilai ingkat kontaminasi permukaan lebih rendah dibandingkan dengan pengusapan metode spiral.

SARAN

Perlu penelitian lebih lanjut untuk penyempurnaan alat maupun materi yang terkait dengan tes usap (*smear test*) dalam penentuan tingkat kontaminasi radioaktif permukaan. Hal tersebut karena pola gerak pengusapan yang kadang tidak stabil (tidak terkendali) sehingga mengakibatkan pengulangan untuk pengusapan berikutnya. Salah satu diantaranya adalah penelitian pada batang pengusap *cotton bud* yang biasanya terbuat dari plastik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada mahasiswa Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah membantu penelitian ini yaitu Janpiter Lumbantoruan, Dian Isnendiaty, Rizky S. Alfaro, Erwin Junaedi dan Reyvanov Mujiyono.

DAFTAR PUSTAKA

Alfaro, R.S., 2008, *Rancang Bangun Sistem Komunikasi Data Jarak Jauh Pada Manipulator Bergerak Untuk Penentuan Tingkat Kontaminasi Radioaktif Permukaan Pada Alat Tes Usap*, Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

International Atomic Energy Agency, 1970, *Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces*, Technical Reports Series no.120, IAEA, Vienna.

International Atomic Energy Agency, 2005, *Wipe Smears Test Video*, Technical Reports Series no.120, IAEA, Vienna.

Junaedi, E., 2008, *Rancang Bangun Sistem Mekanik Robot Manipulator Untuk Penentuan Tingkat Kontaminasi Radioaktif Permukaan Pada Alat Tes Usap*, Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Lumbantoruan, J., 2008, *Pembuatan Alat Tes Usap Dengan Metode Usap Bentuk 'S' Untuk Menentukan Tingkat Kontaminasi Radioaktif Permukaan*, Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Mujiyono, R., 2008, *Rancang Bangun Sistem Elektronika Pada Manipulator Bergerak Untuk Penentuan Tingkat Kontaminasi Radioaktif Permukaan Pada Alat Tes Usap*, Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Suratman, 2001, *Pemantauan Kontaminasi Radioaktif Permukaan*, P3TM BATAN, Yogyakarta

Wijayanti, E., Suratman, Ihsan. M., 2003, *Pembuatan Alat Tes Usap untuk Penentuan Faktor Pindah pada Pemantauan Kontaminasi Radioaktif Permukaan*, MEDIA TEKNIK (ISSN 0216-3012), No. 1. Th. XXV, Yogyakarta.

Welty, J.R., Wicks, C.E., and Wilson, R.E., 1984, *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*, John Wiley and Sons, New York.