

PENGAMATAN LASAN PIPA PENYALUR MINYAK DENGAN METODE RADIOGRAFI

Eko Mulyanto, Kabul Mulyono
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi

ABSTRAK

PENGAMATAN LASAN PIPA PENYALUR MINYAK DENGAN METODE RADIOGRAFI. Telah dilakukan pengamatan lasan pada pipa penyalur minyak (pipelines), dengan metode radiografi menggunakan Iridium-192. Penyinaran gamma terhadap lasan direkam menggunakan film radiografi AGFA D7. Hasil pengamatan yang diperoleh menunjukkan bahwa pada lasan pipa penyalur minyak tersebut ada cacat di beberapa tempat. Cacat yang diidentifikasi adalah lack of fusion, slag inclusion, under cut, crack, incomplete fusion dan porosity.

ABSTRACT

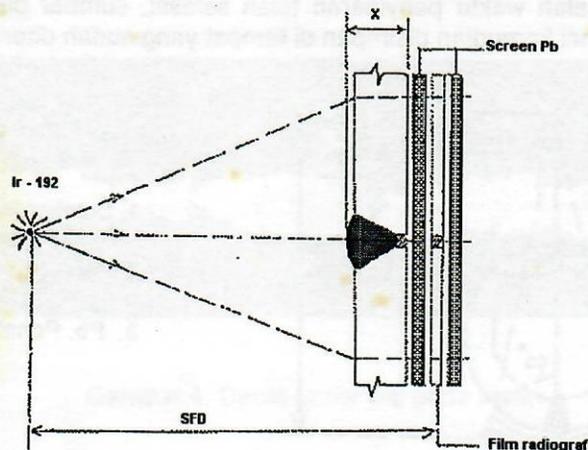
OBSERVATION OF OIL PIPELINES WELD BY RADIOGRAPHIC METHOD. Weld joints of pipelines with the radiographic method used Iridium - 192 has been observed. The Gamma Source exposure to the welds joint was recorded by AGFA D7 film. The result showed that at the weld joints of pipelines were present many defect in several part. The type of defect was identified are : crack, lack of fusion, lack of penetration, slag inclusion and porosity.

PENDAHULUAN

Untuk mendapatkan hasil yang memenuhi jaminan kualitas sambungan las pada pipa penyalur bahan bakar minyak dilakukan pengamatan sambungan las dengan metode radiografi menggunakan sumber Iridium-192. Oleh karena itu dari pihak perusahaan minyak PT. Total Indonesia bekerja sama dengan BATAN melaksanakan pekerjaan tersebut di atas. Dengan metode ini diharapkan sambungan lasan dapat dievaluasi dan hasil pengamatannya berguna sebagai masukan bagi pengguna dan pemilik untuk dapat mengambil langkah-langkah perbaikan.

TEORI

Prinsip radiografi terhadap lasan adalah mengikuti metode transmisi atenuasi seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyinaran sambungan lasan dengan sumber Iridium-192

$$I_x = I_0 \cdot e^{-ux} \dots\dots\dots (1)$$

dengan : I_x = Intensitas radiasi setelah melalui materi, I_0 = Intensitas radiasi mula-mula,
 u = Koefisien serap materi, dimana $u = 0,693/HVL$, x = Tebal materi.

Pada persamaan satu ditunjukkan bahwa intensitas radiasi setelah melalui materi (I_x) berkurang secara eksponensial apabila tebal bahan bertambah. Teknik Radiografi adalah suatu metode pengamatan uji tak merusak terhadap lasan menggunakan film radiografi yang diletakkan di belakang benda uji. Film akan memberikan informasi mengenai kondisi lasan pipa yang diperiksa. Pada cacat las akan ditunjukkan oleh tingkat kehitaman yang lebih bila dibandingkan dengan daerah yang tidak mengandung cacat. Hal ini disebabkan karena pada cacat lasan menerima radiasi yang lebih banyak. Untuk menghitung waktu penyinaran terhadap lasan yang diperiksa berlaku persamaan seperti berikut:

$$W_p = \frac{FF \cdot FT \cdot SF}{A} \dots\dots\dots (2)$$

dengan W_p adalah waktu penyinaran, FF adalah faktor film (lampiran 1), FT adalah faktor tebal (lampiran 2 dan 3), SFD adalah jarak dari sumber ke film (feet kwadrat) dan A adalah aktifitas sumber radiasi Ir-192 (Curie). Pada persamaan dua dapat dilihat bahwa pada jarak dari sumber ke film makin jauh, maka waktu penyinaran bertambah atau bila aktivitas sumber radiasi semakin besar, maka waktu penyinaran berkurang.

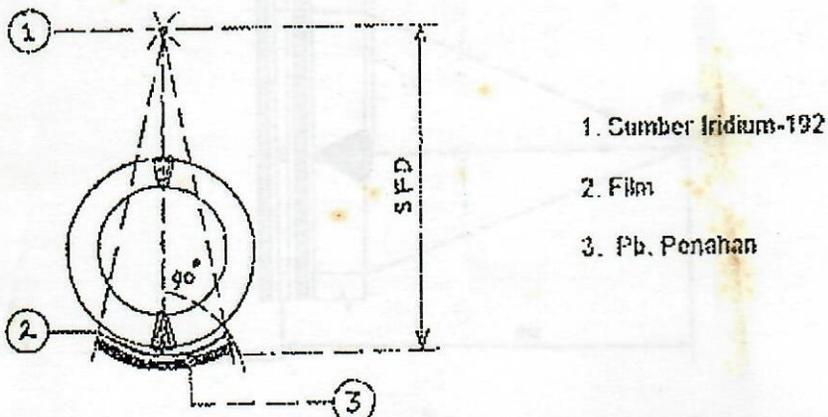
METODE

Peralatan dan Perlengkapan

Sebagai sumber radiasi digunakan Ir-192 yang mempunyai energi 0,2 - 0,66 Mev aktifitas 50 curie di dalam camera product Tech Ops USA yang mempunyai kapasitas 105 curie. Perlengkapan radiografi sebagai penunjang lainnya seperti penanda angka atau huruf yang terbuat dari timah hitam, kaset/screen, film type sedang, filter, penetrometer, Viewer (lampu penerawang) dan perlengkapan proteksi radiasi seperti survey meter, dosimeter saku, monitor perorangan (*film badge*), tanda bahaya radiasi dan tali kuning.

Tata Kerja

Untuk pengamatan sambungan las pipa penyalur minyak digunakan teknik *double wall single viewing* seperti terlihat pada Gambar (2). Yang dimaksud bahwa meletakkan sumber radiasi pada posisi di atas las dengan jarak yang telah dihitung disesuaikan dengan diameter pipa dan alat perekam gambar (film radiografi) diletakkan di bagian belakang benda yang diamati dengan dilengkapi penetrometer dan marking. Kemudian sumber Iridium - 192 dikeluarkan dengan alat pengendali sehingga posisi sumber Ir-192 menyinari tepat di atas benda uji dan film. Setelah waktu penyinaran telah selesai, sumber dikendalikan masuk ke dalam kamera dan dikunci kemudian disimpan di tempat yang sudah ditentukan.



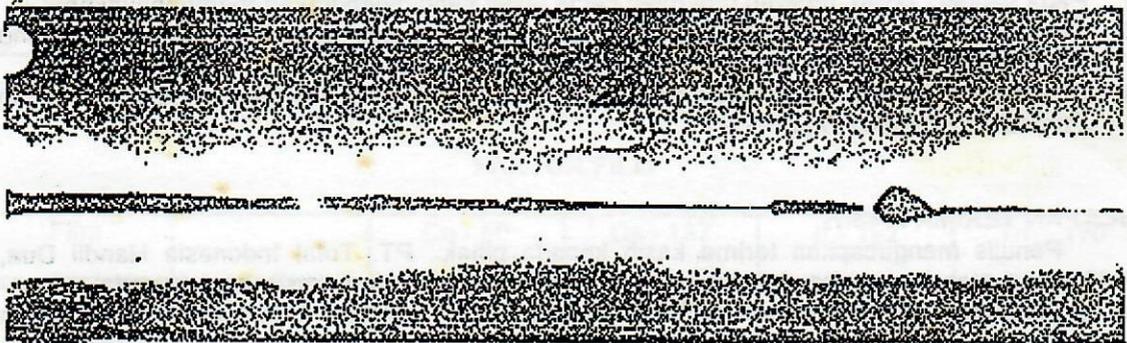
Gambar 2. Uji radiografi dengan teknik double wall single viewing.

Selanjutnya film radiografi yang ditempatkan pada lasan pipa penyalur minyak diambil lalu diproses pada larutan developer, fixer dan air di dalam kamar gelap selama 5 menit untuk temperatur 20° C atau 68° F (kondisi normal). Kemudian film dikeringkan di dalam alat pengering (*dryer*). Setelah film kering diukur tingkat kehitaman pada lasan yang diamati . Kehitaman tersebut harus memenuhi persyaratan pada API Standard 1104 (5), kemudian kondisi lasan pipa penyalur minyak diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ditemukan cacat lasan pada pipa. Di samping itu terdapat pula lasan tanpa cacat. Khusus pada bagian-bagian lasan yang cacat, jenis cacat yang diterima atau ditolak mengacu pada standard API 1104 (5). Hal ini telah disampaikan kepada pemilik sebagai masukan tentang kondisi lasan pipa penyalur minyak dalam mengambil langkah-langkah lebih lanjut dalam kaitannya dengan kualitas pipa penyalur. Jenis cacat pada las yang diperoleh adalah: *Slag inclusion* (adanya kotoran pada las), *under cut* (termakannya metal induk), *crack* (retak), *incomplete penetration* (penetrasi tidak sempurna), *lack of fusion* (las tidak menyatu), *porosity* (gas yang terkurung). Dengan berbagai jenis cacat lasan yang diperoleh terdapat kondisi lasan yang diperkirakan membahayakan fungsi pipa penyalur. Letak lasan yang diperkirakan membahayakan tersebut diberi tanda dengan metal marker untuk memudahkan rencana perbaikan.

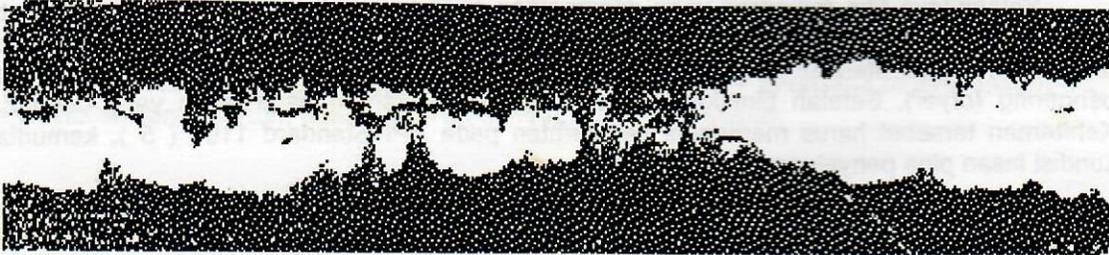
Sebaiknya dilakukan penggerindaan atau penggojangan untuk menghilangkan cacat yang berbahaya pada lokasi lasan. Diharapkan pengelasan kembali dapat dilakukan sesuai *Welding Procedure Specification (WPS)*. Setelah dilakukan perbaikan , pengamatan dengan radiografi masih perlu dilakukan lagi untuk mengetahui bahwa perbaikan tersebut telah memperbaiki mutu las. Dengan demikian seluruh lasan pada pipa penyalur tersebut tidak mengandung cacat yang bisa mengganggu unjuk operasi pipa penyalur tersebut.



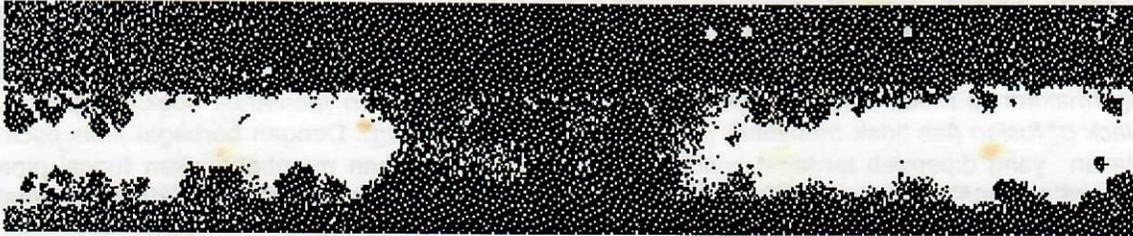
Gambar 3 : Cacat *incomplete penetration* pada lasan.



Gambar 4. Cacat *under cut* pada lasan



Gambar 5. Cacat *slag inclusion* pada lasan



Gambar 6. Cacat *porosity* pada lasan

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Beberapa jenis lasan pipa penyalur minyak yang diperoleh terdiri cacat : *lack of fusion, slag inclusion, under cut, crack, incomplete penetration, lack of fusion dan porosity*.
2. Pada bagian lasan tertentu diperoleh cacat lasan yang diperkirakan membahayakan .
3. Sebaiknya dilakukan penggerindaan / penggojongan untuk menghilangkan cacat yang diperkirakan berbahaya pada lokasi lasan.
4. Diharapkan pengelasan kembali dilakukan pada bagian yang disarankan sesuai *Welding Procedure Specification (WPS)*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PT. Total Indonesia Handil Dua, Balikpapan atas kerjasama dan ijin yang telah diberikan. Terima kasih juga kepada rekan-rekan yang telah membantu pelaksanaan dan penulisan sehingga tulisan ini dapat disajikan pada Seminar PRANATA NUKLIR, BATAN.

DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA. Radiation Protection procedure (Nomor Serie 38),IAEA,VIENA (1973)
2. MASTER. M.. and ROBERT . C... NDT handbook volume I dan II, New York (1963) 26,4 - 26,9.
3. ASME Sec.V article2,, Nondestructive Examination, American National Standard (1986) 15 - 39.
4. MUNRO. J.J AND ROY. F.E. " Gamma Radiography " Radiation Safety handbook (1976)
5. API standard 1104, Standard for Welding Pipeline and Related Facilities,American Petroleum Institute 14^{ed} (1977) 22-38.

LAMPIRAN 1
FAKTOR DENSITAS

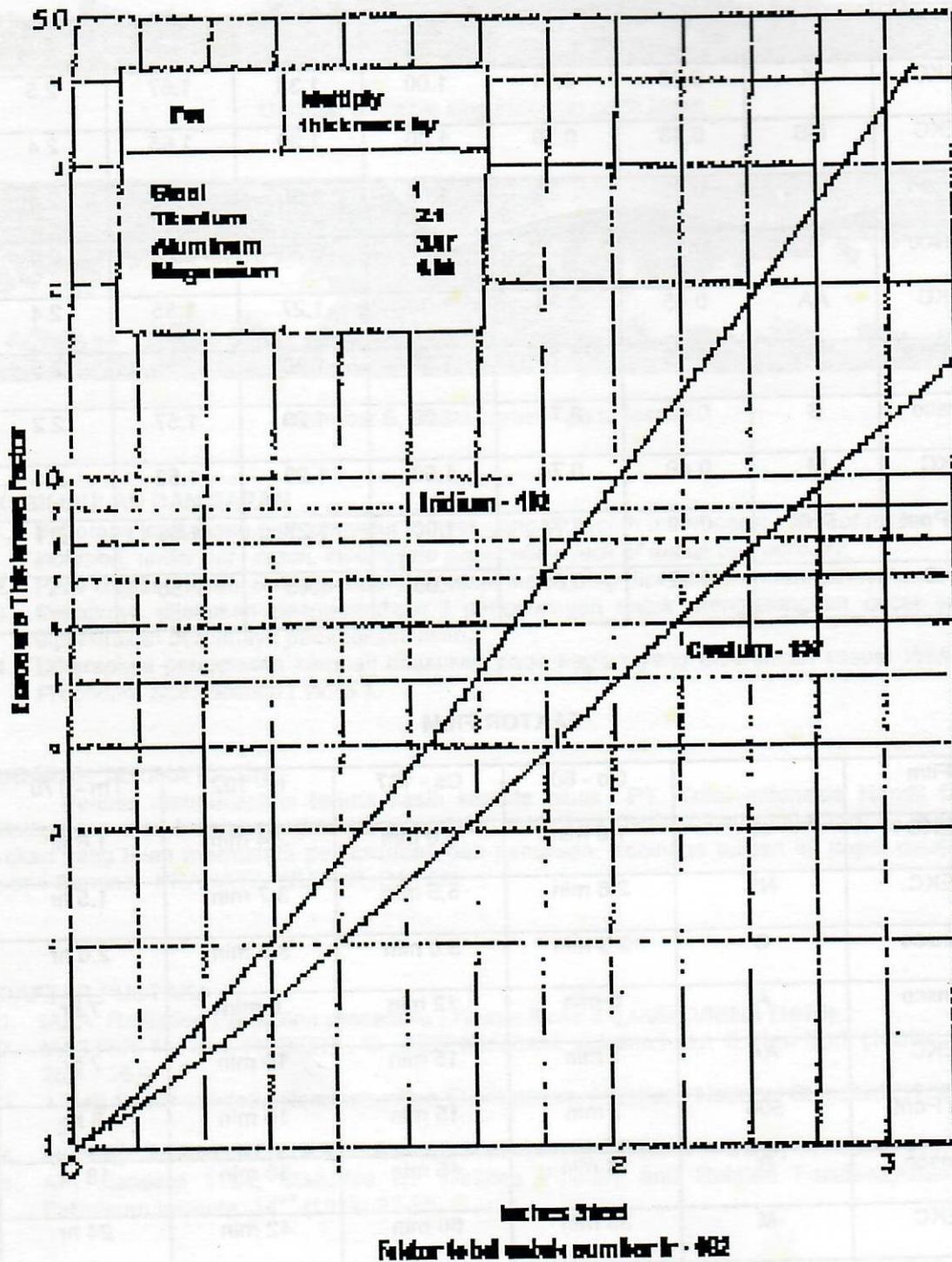
Film		Density					
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
EKC	K	0.38	0.71	1.00	1.33	1.67	2.5
EKC	NS	0.43	0.70	1.00	1.30	1.65	2.4
Ansco	C	0.43	0.72	1.00	1.30	1.65	2.4
Ansco	A	0.42	0.71	1.00	0.30	1.65	2.4
EKC	AA	0.45	0.73	1.00	1.27	1.55	2.4
Du Pont	506	0.45	0.70	1.00	1.30	1.65	2.5
Ansco	B	0.45	0.71	1.00	1.29	1.57	2.2
EKC	M	0.49	0.74	1.00	1.29	1.52	2.1
Dul Pont	510	0.49	0.74	1.00	1.27	1.53	2.1
EKC	F	0.42	0.67	1.00	1.45	2.50	-

FAKTOR FILM

Film		Co - 60	Cs - 137	Ir - 192	Tm - 170
EKC	K	1.8 min	3.0 min	2.4 min	1.6 hr
EKC	NS	2.6 min	5.5 min	3.7 min	1.5 hr
Ansco	C	2.3 min	5.0 min	3.5 min	2.0 hr
Ansco	A	6 min	12 min	8 min	7 hr
EKC	AA	7 min	15 min	10 min	7 hr
Du Pont	506	7 min	15 min	10 min	8 hr
Ansco	B	18 min	45 min	30 min	18 hr
EKC	M	33 min	60 min	42 min	24 hr
Du Pont	510	40 min	80 min	52 min	28 hr
EKC	F	(with Patterson Hi - Speed fluorescent screen) = 5 min			

LAMPIRAN 2

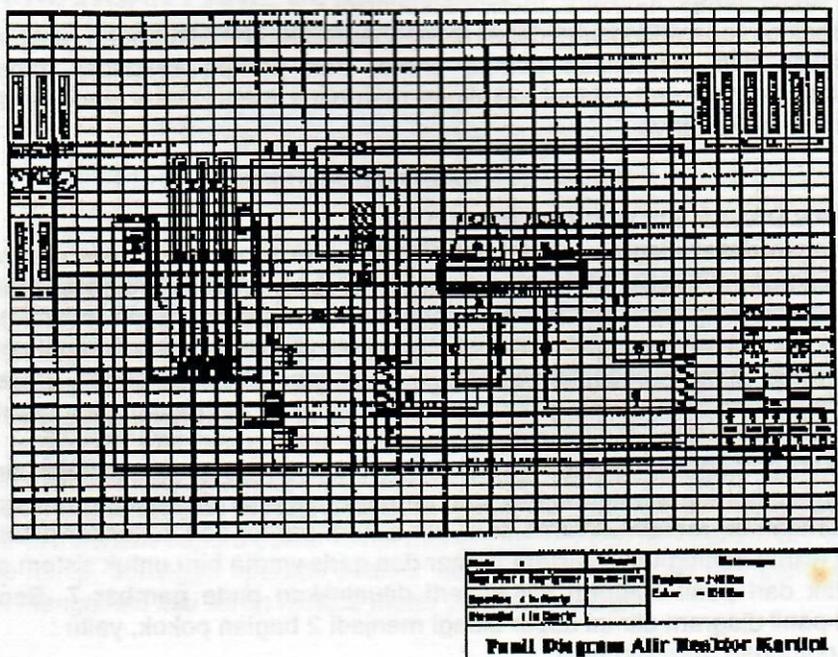
HUBUNGAN ANTARA TEBAL BAHAN DAN FAKTOR TEBAL UNTUK SUMBER Ir - 192



LAMPIRAN 3.

DIMENSI KETEBALAN PIPA SEBAGAI REFERENSI PENENTU FAKTOR TEBAL PADA PERHITUNGAN WAKTU PENYINARAN

NOMINAL PIPE SIZE	OUT SIZE DIAM	Nominal wall Thickness for L														
		SCHED 55	SCHED 105	SCHED 10	SCHED 20	SCHED 30	STANDARD 1	SCHED 40	SCHED 60	EXTRA STRONG 1	SCHED 80	SCHED 100	SCHED 120	SCHED 140	SCHED 160	XX STRONG
1/8	0.405	-	-	0.049	-	-	-	0.068	0.068	-	0.095	0.095	-	-	-	-
1/4	0.540	-	0.065	-	-	-	0.088	0.088	-	0.119	0.119	-	-	-	-	-
1/8	0.675	-	0.065	-	-	-	0.091	0.091	-	0.126	0.126	-	-	-	-	-
1/2	0.840	0.065	0.085	-	-	-	0.109	0.109	-	0.147	0.147	-	-	-	0.188	0.294
1/4	1.050	0.065	0.083	-	-	-	0.113	0.113	-	0.154	0.154	-	-	-	0.219	0.308
1	1.315	0.065	0.109	-	-	-	0.133	0.133	-	0.179	0.179	-	-	-	0.250	0.368
1 1/4	1.440	0.045	0.109	-	-	-	0.140	0.140	-	0.191	0.191	-	-	-	0.392	0.392
1 1/2	1.900	0.065	0.109	-	-	-	0.145	0.145	-	0.200	0.200	-	-	-	0.432	0.432
2	2.375	0.065	0.109	-	-	-	0.154	0.154	-	0.218	0.218	-	-	-	0.344	0.436
2 1/2	2.875	0.083	0.120	-	-	-	0.203	0.203	-	0.276	0.276	-	-	-	0.275	0.552
3	3.5	0.083	0.120	-	-	-	0.216	0.216	-	0.300	0.300	-	-	-	0.438	0.600
3 1/2	4.0	0.083	0.120	-	-	-	0.226	0.226	-	0.318	0.318	-	-	-	-	-
4	4.5	0.003	0.120	-	-	-	0.237	0.327	-	0.337	0.337	-	0.438	-	0.531	0.674
5	5.563	0.019	0.134	-	-	-	0.258	0.258	-	0.375	0.375	-	0.500	-	0.625	0.750
6	6.625	0.109	0.134	-	-	-	0.280	0.280	-	0.432	0.432	-	0.562	-	0.719	0.864
8	8.625	0.109	0.148	-	0.250	0.277	0.322	0.322	0.406	0.500	0.500	0.594	0.719	0.812	0.906	0.875
10	10.75	0.134	0.165	-	0.250	0.307	0.365	0.305	0.500	0.500	0.594	0.719	0.844	1.000	1.325	1.000
12	12.75	0.156	0.180	-	0.250	0.330	0.375	0.406	0.562	0.500	0.688	0.844	1.000	1.125	1.312	1.000
14 O.D.	14.0	0.156	0.188	0.250	0.312	0.375	0.375	0.438	0.594	0.500	0.750	0.938	0.094	1.250	1.406	-
16 O.D.	16.0	0.165	0.188	0.250	0.312	0.375	0.375	0.500	0.656	0.500	0.844	1.031	1.219	1.438	1.594	-
18 O.D.	18.0	0.165	0.188	0.250	0.312	0.438	0.375	0.562	0.750	0.500	0.938	1.156	1.375	1.562	1.781	-
20 O.D.	20.0	0.188	0.218	0.250	0.375	0.500	0.375	0.594	0.812	0.500	1.031	1.281	1.500	1.750	1.969	-
22 O.D.	22.0	0.188	0.218	0.250	0.375	0.500	0.375	-	0.875	0.500	1.125	1.375	1.625	1.875	2.125	-
24 O.D.	24.0	0.218	0.250	0.250	0.375	0.562	0.375	0.688	0.969	0.500	1.218	1.531	1.812	2.082	2.344	-
26 O.D.	26.0	-	-	0.312	0.500	-	0.375	-	-	0.500	-	-	-	-	-	-
28 O.D.	28.0	-	-	0.312	0.500	0.625	0.375	-	-	0.500	-	-	-	-	-	-
30 O.D.	30.0	0.230	0.312	0.312	0.500	0.625	0.375	-	-	0.500	-	-	-	-	-	-
32 O.D.	32.0	-	-	0.312	0.500	0.625	0.375	0.688	-	0.050	-	-	-	-	-	-
34 O.D.	34.0	-	-	0.312	0.500	0.625	0.375	0.688	-	0.500	-	-	-	-	-	-
36 O.D.	36.0	-	-	0.312	0.500	0.625	0.375	0.750	-	0.500	-	-	-	-	-	-
42 O.D.	42.0	-	-	-	-	-	0.375	-	-	0.500	-	-	-	-	-	-

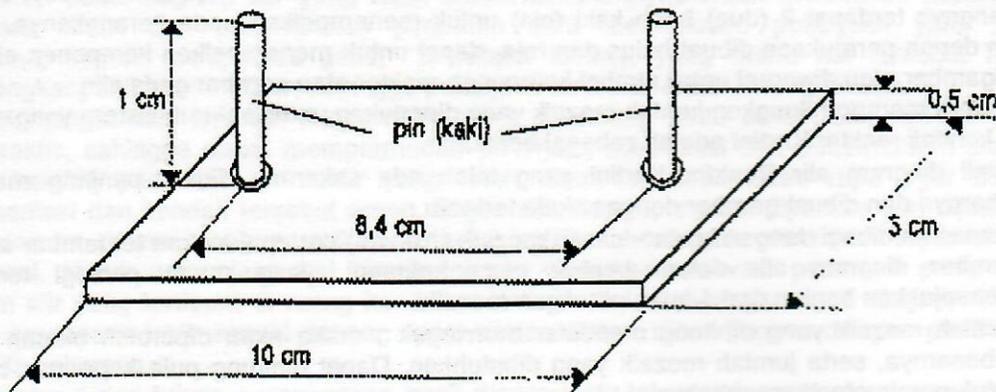


Gambar 1. Panil diagram alir reaktor Kartini

Prosedur Pembuatan

Tiap mozaik fiber mempunyai ukuran panjang, lebar dan tebal (10 x 15 x 0,5) cm yang mempunyai dua pin (kaki) di bagian belakangnya dan setiap pin mempunyai ukuran panjang 1 cm, diameter 5,5 cm dan jarak antar pin 8,4 cm, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

- Pembuatan awal dilakukan dengan membuat model mozaik dari bahan aluminium, yang ukuran dan bentuknya harus presisi.
- Model tersebut dipakai untuk pembuatan cetakan fiber, yang mana cetakan tersebut terbuat dari bahan "Silicone Rubber".
- Setelah cetakan selesai, proses pencetakan fiber dapat dilakukan dengan memakai bahan : Resin fiber, Katalis, Cobalt.
- Pencetakan fiber ini dapat dilakukan berulang-ulang dengan hanya memakai 1 buah cetakan "Silicone Rubber".
- Setelah fiber tercetak keras dilakukan proses finishing dengan sedikit menggosok dengan amplas/kertas gosok yang halus. Hal ini diperlukan untuk mendapatkan bagian muka yang halus.



Gambar 2. Mozaik Fiber

PERANCANGAN DASAR KERANGKA MOZAIK DAN PROSEDUR PEMBUATANNYA

Kerangka mozaik ini dirancang sebagai tempat dudukan mozaik fiber. Konstruksinya membutuhkan ketelitian yang tinggi karena disamping untuk menempelkan mozaik yang harus kokoh juga harus mempunyai jarak lobang yang sama untuk menjaga kelurusan pemasangan mozaik. Karena hal diatas maka pembuatan lobang-lobang pada kerangka harus dikerjakan dengan Mesin Perkakas Mekanik (Mesin Frais).

Secara umum konstruksi kerangka ini harus presisi kokoh dan relatif ringan karena rangkaian utuh dari kerangka ini akan menempel pada dinding ruang kendali. Pada bagian depan dari kerangka ini dibuat dapat dibuka kesamping seperti pada pintu almari, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah reparasi komponen elektrik atau pengkabelannya.

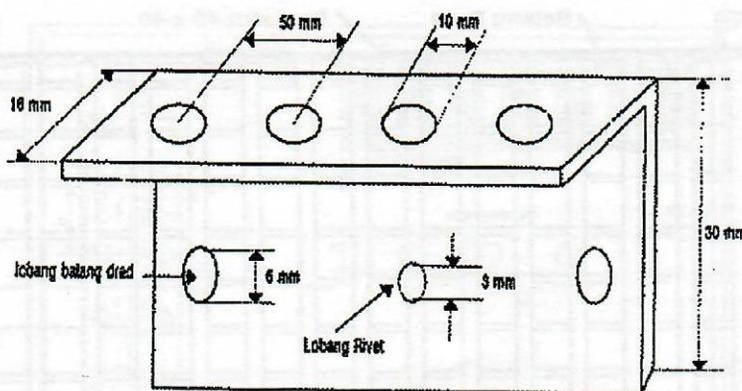
Bahan-bahan mekanik yang diperlukan untuk pembuatan kerangka ini, yaitu,

1. Siku Alumunium ukuran 30 x 16 mm.
2. Karet kabel amplifier.
3. As (batang) berulir ukuran 6 mm dengan mur ukuran M6.
4. Paku rivet ukuran 3 mm.

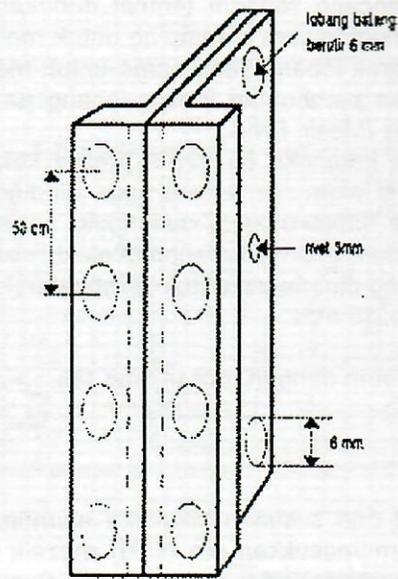
Prosedur Pembuatan

Kerangka mozaik terbuat dari susunan siku-siku alumunium yang mempunyai lobang yang terlapis oleh karet untuk memasukkan pin (kaki) mozaik fiber. Jarak antar lobang sisi vertikal = 5 cm, jarak antar lobang sisi horizontal = 8,4 cm. Susunan siku-siku alumunium dan jarak lobang ini sangat menentukan ketepatan letak dari mozaik di depannya. Sisi depan dari kerangka ini (setelah ditemplei mozaik) dapat dibuka ke samping seperti pintu almari dengan engsel-engsel pada sisi tepi kerangka.

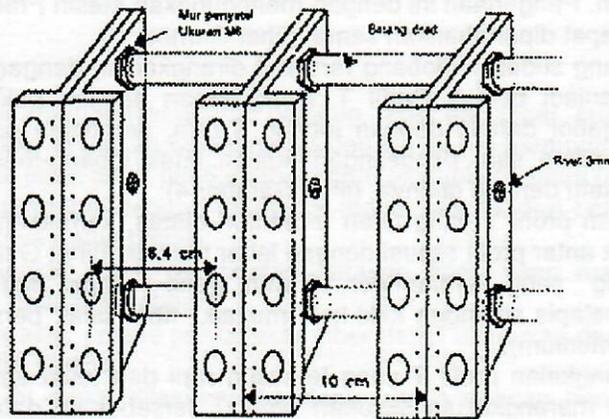
1. Siku alumunium 30 x 16 mm, dilobangi pada sisi 16 cm nya dengan diameter 10 mm, jarak antar lobang 50 mm. Pengerjaan ini dengan menggunakan Mesin Frais sehingga kelurusan dan jarak lobang dapat dipertahankan sama. (lihat Gambar 3)
2. Siku alumunium yang sudah berlobang tersebut dirangkaikan dengan menggunakan paku rivet, sehingga menjadi bentuk Profil T. Pengelingan dengan paku rivet ini dilakukan dengan cara mengebor dahulu dengan lobang 3 mm, kemudian paku rivet ditekan. Yang perlu diperhatikan saat pengelingan adalah letak lobang-lobang yang ada harus betul-betul sejajar satu dengan lainnya. (lihat Gambar 4).
3. Rangkaian-rangkaian profil T yang telah terbentuk diatas, kemudian disusun sedemikian rupa sehingga jarak antar profil sesuai dengan lebar mozaik. (lihat Gambar 5).
4. Pada lobang-lobang yang berdiameter 10 mm, yang terdapat pada profil T, dipasang karet-karet untuk pelapis sehingga kaki-kaki mozaik fiber tidak bersinggungan langsung dengan logam (alumunium).
5. Setelah menjadi rangkaian profil T yang tersusun rapi dan tepat sama, maka pekerjaan selanjutnya adalah merangkaikan susunan profil T tersebut ke dalam Penyangga yang terbuat dari besi siku ukuran 40 x 40 mm yang berfungsi untuk penguat susunan profil T dan sebagai penempel ke dinding. Pada penyangga tersebut dibuat konstruksi buka tutup ke samping pada sisi depannya (seperti pintu almari) .



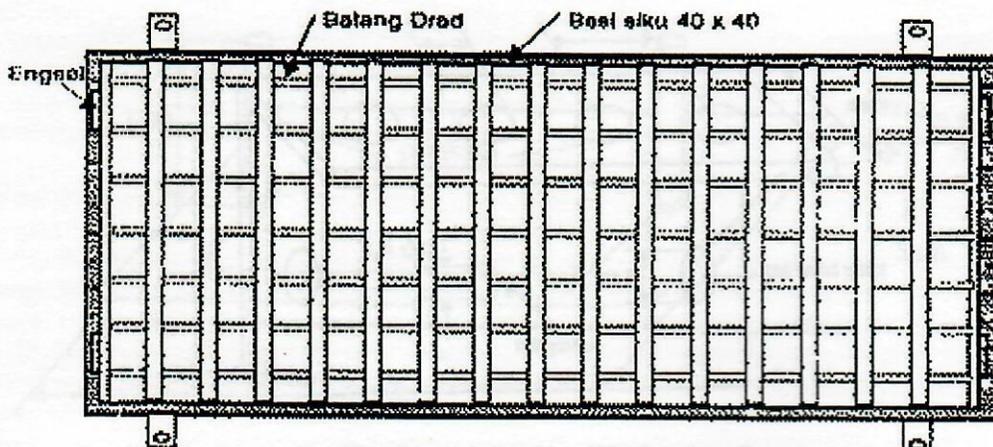
Gambar 3. Siku Aluminium 16 x 30 mm



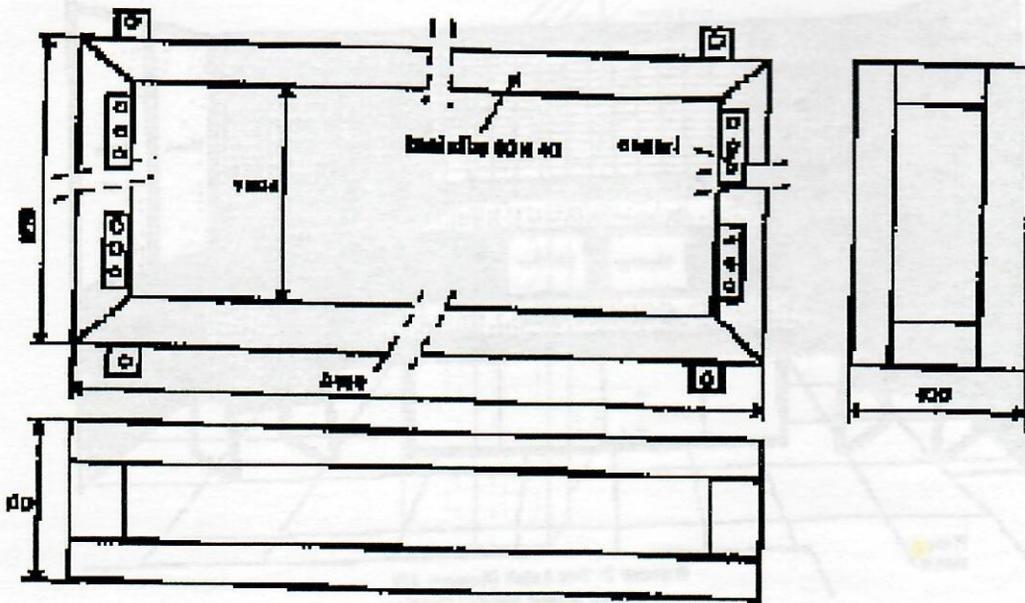
Gambar 4. Profil T dengan 2 buah siku



Gambar 5 Susunan profil T mendatar



Gambar 6. Susunan profil T dalam penyangga



Gambar 10. Penyangga kerangka

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dari hasil yang telah dikerjakan diperoleh model disain panil diagram alir yang lebih memenuhi syarat ditinjau dari segi estetika, keamanan, pengamatan sistem samping sehingga dapat lebih meningkatkan ketelitian dan kemudahan Operator Reaktor dalam pengoperasian dan pengamatan sistem instrumentasi dan kendali Reaktor.

Tinjauan dari segi estetika antara lain dengan adanya kombinasi warna dari garis alir untuk masing-masing sistem dibuat berbeda; warna dasar Panil abu-abu muda, warna kuning untuk garis alir sistem pendingin Primer, warna biru untuk garis alir sistem pendingin Sekunder, warna hijau untuk sistem *Make-up* air tangki reaktor, warna hitam untuk penggambaran simbol-simbol komponen reaktor seperti *Heat Exchanger*, *Cooling Tower*, Pompa, *Demineralizer*, *Filter*, Katup dan lainnya, maka dapat lebih meningkatkan ketelitian pengamatan operator dalam mengoperasikan reaktor. Selain itu pengelompokan penampil alat ukur dan indikator masing-masing sistem dikelompokkan dalam satu unit, penampil alat ukur radiasi Dek reaktor, penampil alat ukur radiasi *Demineralizer* primer, penampil alat ukur radiasi reaktor Subkritik, penampil alat ukur radiasi Kolom Termal, penampil alat ukur radiasi Ruang Kendali, indikator on/off Pompa Primer 1 dan 2, indikator on/off Pompa Sekunder 1, 2 dan 3, indikator on/off Blower 1 dan 2, penampil Posisi Batang Kendali, penampil Tegangan tinggi dan lainnya dapat mempermudah pengamatan operator Reaktor.

Rancangan otomatisasi pada panil Diagram Alir yang baru ini di pasang beberapa komponen elektrik untuk pengendali sistem samping seperti saklar on/off Pompa Primer 1 dan 2, saklar on/off Pompa Sekunder 1,2 dan 3, saklar buka tutup katup in/out *Heat Exchanger*, saklar buka tutup katup in/out *Cooling Tower*, saklar on/off Blower 1 dan 2 yang mana otomatisasi tersebut harus disesuaikan dengan modifikasi unit-unit sistem samping yang bersangkutan. Komponen-komponen kendali tersebut ditempatkan pada gambar yang sesuai dengan garis alirnya atau pada gambar simbol sistem yang bersangkutan.

Rancangan panil ditinjau secara ergonomis lebih memenuhi syarat karena penempatan panil didepan tempat duduk operator reaktor dan seluruh kendali yang ada pada panil dapat dijangkau dengan mudah oleh operator reaktor.

Pengerjaan panil ini harus teliti, terutama pada pekerjaan pembuatan kerangka panil yang banyak membuat lobang-lobang dengan diameter yang sama dan jarak antara lobang juga harus sama. Untuk pengerjaan ini tidak dapat hanya menggunakan mesin Boor saja, tetapi harus menggunakan mesin Frais presisi. Keuntungan penggunaan mesin Frais adalah benda kerja (siku aluminium) dapat dipegang (di klem) dengan meja mesin, yang mana meja

tersebut dapat digerakkan ke arah sumbu ordinat (x, y, z), dengan ketelitian ukuran pergerakan 0,01 mm.

Selain ketelitian pembuatan kerangka panil, kerapihan panil ditentukan oleh ketelitian pembuatan mozaik fiber. Ukuran yang telah ditentukan harus dipenuhi. Pada pekerjaan pencetakan, komposisi campuran dari bahan-bahan fiber (resin, katalis, cobalt, pigmen warna) harus diusahakan sama persis antara mozaik yang satu dengan yang lainnya. Cetakan dibuat dari "Silicone Rubber" yang berjumlah 10 buah. Tiap kali mencampur 1 komposisi bahan fiber dapat untuk menuang 5 buah cetakan. Keseragaman komposisi sangat berpengaruh pada kekuatan mozaik, elastisitas, kekerasan dan keseragaman warna.

KESIMPULAN.

1. Panil Diagram Alir untuk sistem Instrumentasi dan Kendali Reaktor Kartini ini telah dirancang sedemikian rupa dengan mempertimbangkan segi ergonomika.
2. Untuk mengerjakan panil sesuai disain ini banyak menggunakan Mesin Perkakas (Mesin Frais) yang presisi, sehingga dapat dihasilkan jarak lobang (diameter 10 mm) yang sangat tepat, sehingga apabila ditemplei potongan-potongan mozaik fiber tidak miring susunannya.
3. Pembuatan mozaik fiber juga harus memperhatikan ukuran panjang, lebar dan tebalnya dan keseragaman warna masing-masing mozaik. Hal ini sangat menentukan kerapihan susunan warna.
4. Secara umum disain Panil Diagram Alir ini dapat diterapkan di Ruang Kendali Reaktor Kartini, dengan mengacu pada gambar kerja terlampir dan beberapa gambar kerja detail lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Dengan telah selesainya pembuatan Perancangan Diagram Alir Instrumentasi dan Kendali Reaktor Kartini hingga tersusunnya laporan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat Ir. Syarip selaku Kepala Bidang Reaktor, yang telah memberi tugas dan pengarahan, Ir. Tri Wulan Tjiptono selaku Ka. Sub. Bidang Operasi Reaktor, yang telah memberikan bimbingan, Dr. Widi Setyawan dan Drs. Widarto yang selalu memberikan kerja sama dan bimbingan, serta seluruh staf Sub. Bidang Operasi Reaktor.

DAFTAR PUSTAKA.

1. Ir. JAC. STOLK, Ir. J. KROS, "Elemen Mesin", Penerbit Erlangga Jakarta, 1984.
2. A.J. HARTOMO dkk, "Memahami Polimer dan Perekat", Penerbit Andi Offset Yogyakarta, 1992.