

EVALUASI KUALITATIF SISTEM MIKROERGONOMIK PANEL PENGENDALI IN-PILE LOOP RSG-GAS

Soedardjo*, Itjeu Karliana*, Darlis*, Sudarmin*, Sarwani**

* Pusat Penelitian Teknologi Keselamatan Reaktor

** Pusat Reaktor Serba Guna

ABSTRAK

EVALUASI KUALITATIF SISTEM MIKROERGONOMIK PANEL PENGENDALI IN-PILE LOOP RSG-GAS. Fasilitas iradiasi yang terletak di tengah-tengah teras reaktor RSG-GAS, dilengkapi dengan *in-pile loop* yang akan digunakan untuk pengujian bundel elemen bakar reaktor daya. Dengan adanya fasilitas *in-pile loop* tersebut, berarti RSG-GAS telah *diinovasi*. Untuk keperluan keselamatan RSG-GAS maka perlu mengevaluasi hasil inovasi tersebut. Panel pengendali *in-pile loop* perlu dievaluasi secara kualitatif sistem mikroergonomiknya agar dapat menghindari kondisi terjadinya kenaikan probabilitas kesalahan manusia. Sistem mikroergonomik yang akan dibahas sangat berkaitan erat dengan pengembangan sumber daya manusia (SDM), umumnya tentang interaksi manusia mesin, khususnya yang berkaitan dengan perancangan dari segi antropometri, gerak, lalu-lalang, display, alarm dan label. Metode evaluasi kualitatif dilakukan berdasarkan persyaratan dari NUREG/CR 3517 PNL-4865 dan NUREG 0700. Hasil evaluasi kualitatif ialah sistem mikroergonomik panel pengendali *in-pile loop* RSG-GAS perancangannya belum ergonomik untuk tenaga kerja standar Indonesia, sehingga dapat mengganggu keselamatan RSG-GAS.

ABSTRACT

QUALITATIVE EVALUATION OF MICROERGONOMIC SYSTEM OF RSG-G.A. SIWABESSY IN-PILE LOOP PANEL CONTROL. The irradiation facility which is located the center of MPR-30-GAS reactor core is equipped with an "in-pile loop". The in-pile loop is used for testing fuel element bundle of power reactor. It means the MPR-30-GAS has been innovated. For MPR-30-GAS safety it is necessary to evaluate the result of that innovation. To avoid the increase of human error probability, it is necessary to evaluate the microergonomics system of in-pile loop panel control. Microergonomic system will be discussed in this paper which is closely to human resources development (HRD), generally concerning of man-machine interaction, particularly related to anthropometry, work space, accessibility, display, alarm and label design aspects. The analysis method has been done based on the NUREG/CR 3517 PNL-4865 and NUREG 0700 requirements. The result of qualitative analysis is in pile-loop panel control design not ergonomic yet for Indonesian worker's standard then it might disturb the MTR-30 GAS safety.

PENDAHULUAN

1. Sistem Mikroergonomik

Faktor manusia atau Ergonomik membahas masalah perbaikan produktivitas, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia, serta keefektifan interaksi diantaranya, dengan menggunakan teknologi dan lingkungannya dimana manusia tersebut

bekerja. Oleh para pakar ergonomika, maka sekumpulan manusia, teknologi dan lingkungannya, disebut dengan sistem - manusia-mesin (*human-machine-environment systems*).

Mikroergonomik ditekankan pada masalah sistem manusia mesin saja, yang berhubungan dengan rancangan panel pengendali, display, Ruang Kontrol Utama (RKU), dimensi manusia (*anthropometry*),

keahlian manusia, kapasitas kecerdasan manusia, pengambilan keputusan manusia, kesalahan dan pengolahan informasi dan sebagainya.

Sedang makroergonomik, ditekankan pada sistem manusia-teknologi, yang berhubungan dengan akibat yang ditimbulkan oleh sistem teknologi pada organisasi, manajerial dan sub-sistem manusia, seperti digambarkan pada Gambar 1. Dengan demikian mikroergonomik berkaitan erat dengan sumber daya manusia (SDM), yang perlu dipikirkan lebih lanjut dari berbagai multi disiplin secara kemitraan dalam pembangunan PLTN di Indonesia di masa mendatang.



Gambar 1. Sistem Mikroergonomik dan Makroergonomik.

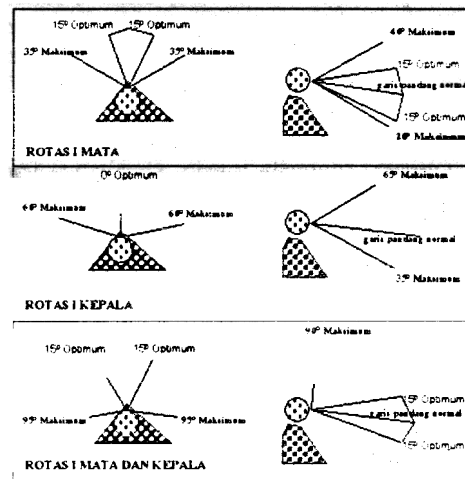
2. Unsur yang dievaluasi

Unsur yang akan dievaluasi antara lain:

1. Perancangan dari segi anthropometri dan gerak serta lalu-lalang (work space and accessibility).
2. Perancangan dari segi display, alarm dan label.

Pendekatan cara pemecahan masalah ialah dengan membandingkan kondisi panel pengendali in-pile loop, terhadap persyaratan dari NUREG/CR 3517 PNL-4865 dan NUREG 0700. Persyaratan NUREG/CR 3517 perlu dikoreksi yaitu khusus masalah tinggi badan saat berdiri dengan harga-harga anthropometri tenaga kerja Indonesia laki-laki pada Tabel 1

Hasil yang diharapkan ialah sekumpulan data bagian-bagian dari sistem mikroergonomik in-pile loop RSG-GAS yang tidak memenuhi persyaratan dari NUREG/CR 3517 PNL-4865, NUREG 0700 dan standar tenaga kerja Indonesia, sebagai bahan perbaikan rancangan sistem panel pengendaliannya.



Gambar 2. Daerah Pandangan Optimum Penempatan Display

TEORI

1. Bagian perancangan panel pengendali dari segi anthropometri.

Dari segi anthropometri tinggi tubuh operator rata-rata Indonesia yang diasumsikan sekitar 160 cm. Beberapa persyaratan panel pengendali utama antara lain:

Sebagian data antropometri tenaga kerja Indonesia yang berusia lebih dari 20 tahun sampai dengan 50 tahun berjenis kelamin laki-laki, seperti terlihat pada Tabel 1 [7]

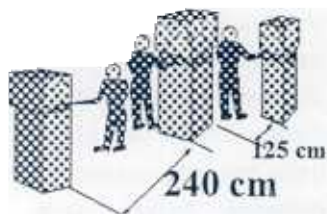
2. Daerah pandangan operator laki-laki optimum untuk penempatan display dibagi menjadi tiga bagian, yaitu rotasi mata, rotasi kepala serta rotasi mata dan kepala seperti pada Gambar 2 [6].
3. Jarak pemisah minimum antara dua deret panel pengendali adalah 240 cm dimana lebih dari seorang operator bekerja pada panel pengendali secara bersamaan, harus memenuhi persyaratan seperti pada Gambar 3 [5].
4. Kemampuan menjangkau dan tinggi pengendalian pada konsol berdiri untuk

operator laki-laki, dengan syarat tidak boleh ada pengendali lebih dari 52,5cm dari sudut depan suatu konsol seperti disyaratkan pada Gambar 4 [5].

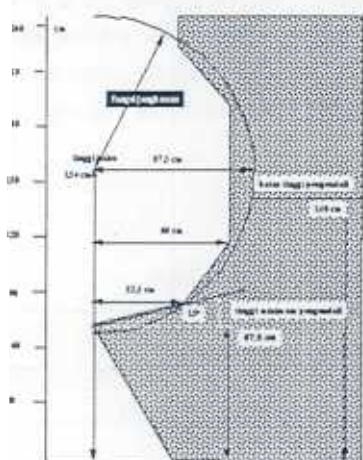
5. Tinggi display dan hubungannya dengan garis pandang operator berdiri, sebaiknya dipasang dengan batas atas medan pandang sebesar 75° diatas garis pandang horisontal, dan simpangan maksimum terhadap bidang muka sebesar 45°, seperti Gambar 5 [5]. Menurut NUREG/CR 3517 butir 9.4.3, bahwa display yang dipasang pada panel tegak yang digunakan pada operasi normal harus terletak pada ketinggian 104 cm hingga 178 cm [6].

Tabel 1. Anthropometri Tenaga Kerja Indonesia laki-laki.

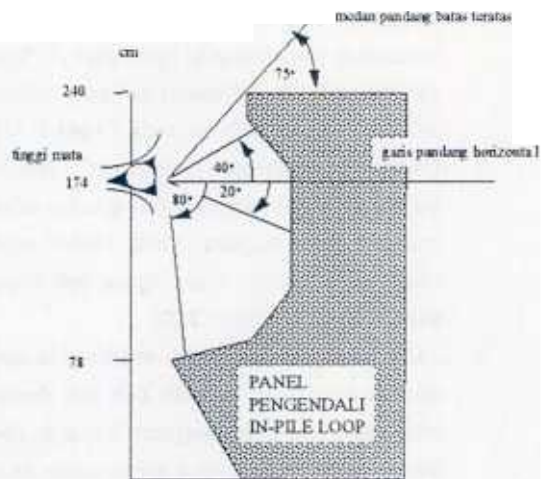
| Jenis Ukuran Anthropometri | Rata-rata (cm) | Deviasi Standar (cm) | Kisaran Nilai (cm) | Jenis Ukuran Anthropometri | Rata-rata (cm) | Deviasi Standar (cm) | Kisaran Nilai (cm) |
|----------------------------|----------------|----------------------|--------------------|----------------------------|----------------|----------------------|--------------------|
| A. BERDIRI | | | | B. DUDUK | | | |
| Tinggi badan | 161,3 | 5,6 | 141 - 185 | Tinggi duduk | 83,2 | 3,7 | 71 - 95 |
| Tinggi bahu | 132,6 | 10,3 | 112 - 149 | Tinggi siku | 23,0 | 10,0 | 12 - 45 |
| Tinggi siku | 97,8 | 17,5 | 84 - 114 | Tinggi pinggul | 18,4 | 3,9 | 13-24 |
| Tinggi pinggul | 93,6 | 20,4 | 67 - 148 | Tinggi lutut | 49,5 | 6,0 | 30 - 59 |
| Lebar bahu | 39,6 | 6,6 | 27 - 52 | Panjang tungkai atas | 44,8 | 6,3 | 33 - 55 |
| Lebar pinggul | 28,9 | 5,7 | 21 - 54 | Panjang tungkai bawah | 41,4 | 5,3 | 28 - 53 |
| Panjang lengan | 66,7 | 11,7 | 34 - 78 | | | | |
| Panjang lengan atas | 34,8 | 4,9 | 20 - 44 | | | | |
| Panjang lengan bawah | 44,2 | 7,0 | 18 - 96 | | | | |
| Jangkauan atas | 202,1 | 8,0 | 181 - 231 | | | | |
| Panjang depa | 165,6 | 6,9 | 140 - 190 | | | | |



Gambar 3. Jarak antara peralatan untuk ruang gerak operator



Gambar 4. Jangkauan operator laki-laki berdiri dan tinggi display dan pengendali.



Gambar 5. Batas pandangan mata vertikal dan horisontal untuk seorang operator berdiri di muka panel pengendali

2. Bagian perancangan panel pengendali dari segi display, alarm dan label.

Ukuran dan kode warna untuk lampu indikator harus mudah dibaca seperti persyaratan yang tertera pada Tabel 2. Warna indikator ini juga diatur melalui peraturan Menaker Nomor: PER - 02/MEN/1983, tentang Instalasi alarm kebakaran otomatis MENAKER, pasal 22 huruf a. Efek psikologis warna bagi orang Indonesia, dengan kebiasaan seperti lampu lalu lintas, dimana merah untuk berhenti,

hijau untuk jalan dan kuning untuk waspada.

2. Set point atau batas alarm pada indikator harus dengan tanda dan warna yang konsisten.
3. Label display harus nampak dengan jelas untuk setiap item prosedur operasi, sehingga pekerja dapat mudah mengenal, membaca atau menggunakannya.
4. Label display harus dicetak, menggunakan huruf timbul, ditempelkan dan sebagainya, sehingga tidak akan hilang, aus, rusak, sehingga sulit dibaca. Label dibuat dari sesuatu yang tidak mudah rusak, mudah dibersihkan jika kotor terkena gemuk dan

- sebagainya, tidak mudah lepas, tidak mudah rusak jika dipindah-pindah.
- Label harus dilengkapi dengan satuan yang sesuai besarnya, seperti gal., psi., ohm dan sebagainya.
 - Sampai kapanpun warnanya tidak berubah karena kondisi alam sekitarnya. Kombinasi

- warna untuk tulisan dan latar belakang agar mudah dibaca seperti pada Tabel 3 (NUREG/CR-3517 PNL-4865 halaman 9-9).
- Label pada display untuk setiap terminal harus mempunyai simbol kode yang sama sesuai dengan kabel yang terkait.

Tabel 2. Ukuran dan kode warna untuk lampu indikator.

| Ukuran Indikator | Merah | Kuning | Hijau | Putih | Biru |
|--|--|--|----------------------------------|--|--|
| Diameter 1,25 cm | Segera ditindakan-juti, tidak memuaskan atau kondisi berbahaya | kondisi ditunda atau tidak memuaskan berda-sarkan kondisi perlu kewaspadaan atau perlu perhatian | peralatan beroperasi dengan baik | Status netral atau kegiatan sedang berlangsung | Kegiatan sedang berlangsung dan siap sedia |
| Diameter 2,5 cm. Waktu kedip 3-5 detik (waktu kedip hidup sekurang-kurangnya 0.1 detik dan lebih pendek dari waktu kedip mati) | | | | | |
| diameter 2,5 cm kondisi mantap tak berkedip | | Kondisi perlu kewaspadaan yang tinggi dan menyatakan akan datang bahaya. | | | |

Tabel 3. Kombinasi warna untuk label

| Kecepatan mudah dibaca | Kombinasi warna |
|------------------------|---|
| Amat baik | huruf hitam diatas dasar putih huruf hitam diatas dasar kuning, huruf biru tua diatas dasar putih huruf hijau rumput diatas dasar putih |
| Cukup | huruf merah diatas dasar putih, huruf merah diatas dasar kuning, huruf putih diatas dasar hitam |
| Buruk | huruf hijau diatas dasar merah, huruf merah diatas dasar hijau, huruf oranye diatas dasar hitam, huruf oranye diatas dasar putih. |

visual, dengan pemotretan diapositive (slide).

TATA KERJA

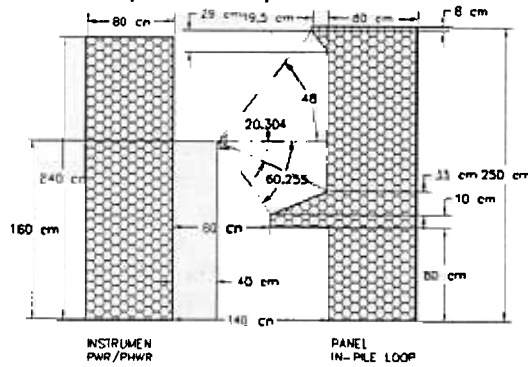
Tata Kerja yang dilaksanakan sebagai berikut:

- Kunjungan ke Instalasi, untuk memahami apa sebenarnya in-pile loop itu, serta pengambilan dokumen melalui audio-

- Mengevaluasinya dengan acuan dari NUREG/CR-3517 dan NUREG 0700.
- Menilai bagian-bagian yang tidak sesuai dengan persyaratan anthropometri. display, alarm dan label.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Dimensi panel pengendali dengan asumsi tinggi rata-rata mata operator Indonesia dalam keadaan normal berdiri ialah sekitar 160 cm, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Dimensi In-pile loop RSG-GAS

2. Daerah pandang optimum untuk penempatan display, mimik, indikator dan sebagainya, seperti Gambar 6 melebihi batas maksimum dari Gambar 2 dan 5. Dimana menurut persyaratan, garis normal pandangan optimum sekitar 15°, tetapi kenyataan sekitar 20,304°. Untuk melihat batas maksimum vertikal keatas mata harus memutar sebesar 48°, padahal yang diperkenankan maksimum 40°. Untuk vertikal kebawah sekitar 60,255°, padahal yang diperkenankan maksimum 20°. Untuk putaran kepala diijinkan maksimum vertikal keatas adalah 65° dan kebawah 35°. Sehingga khusus untuk putaran kepala ini pada arah vertikal keatas masih memenuhi syarat, tetapi untuk putaran kebawah tidak memenuhi syarat. Jika digabung untuk putaran kepala dan mata, maka batas maksimum vertikal keatas adalah 90° dan kebawah adalah 35°. Sehingga untuk batas vertikal keatas masih memenuhi syarat, tetapi untuk vertikal kebawah tetap tidak memenuhi syarat.
3. Panjangnya panel pengendali in-pile loop kesamping kanan kiri tersebut 250 cm. Jarak antara kotak instrumentasi PWR/PHWR dan panel pengendali ialah 140 cm, maka operator in-pile loop

sebaiknya lebih dari satu, agar memenuhi persyaratan Gambar 5.

4. Display yang dipasang pada permukaan vertikal dipasang dari ketinggian 90 cm hingga 242 cm. Hal ini tidak memenuhi syarat untuk operasi normal, dimana menurut peraturan NUREG/CR 3517 harus dipasang pada ketinggian antara 104 cm sampai dengan 178 cm. Sebagai tambahan, display yang sering dibaca harus terletak pada ketinggian 127 cm hingga 165 cm. Hal tersebut dapat diketahui keadaan di lapangan, dimana tinggi indikator pada train "A", "B", dan "C" PWR/PHWR, lebih tinggi dari tinggi rata-rata operator Indonesia. Ada pula operator yang sulit melihat indikator di train "C", MTR- LOOP, FSL01 SC 0003. Indikator lain yang lebih tinggi dari rata-rata tinggi operator Indonesia seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Indikator pada In-pile loop melebihi tinggi rata-rata operator Indonesia.

| Kode | Uraian |
|------------|--|
| F1010FI08 | PRIMARY FLOW RATE |
| L1030L108 | PRESSURIZER LEVEL |
| P1013PDI03 | TEST SECTION DIFF. PRESSURE |
| P1020PI08 | PRIMARY LOOP PRESSURE |
| T1071TI07 | M. COOL PR. LOOP SIDE OUTLET TEMPERATURE |

5. Dari segi gerak serta lalu-lalang operator tidak mudah bergerak, sebab daerah Bergeraknya dari kotak instrumentasi PWR/PHWR dan panel pengendali ialah 140 cm pada Gambar 6 hanya sekitar 40 hingga 80 cm, dimana menurut Gambar 3 perlu daerah sepanjang 240 cm.
6. Pada Indikator mimik diagram aliran untuk beberapa katup pompa dan sebagainya,

menggunakan warna merah untuk kondisi jalan atau ON serta hijau untuk kondisi berhenti atau OFF, untuk MTR seperti tertera pada Tabel 5. Pada PWR penggunaan warna merah untuk kondisi jalan atau ON serta hijau untuk kondisi berhenti atau OFF seperti tertera pada Tabel 6.

Label kode untuk indikator ditulis pada awal kalimat, sedang untuk alarm ditulis pada akhir kalimat. Hal tersebut menyatakan ketidaktetapan dalam membuat label.

- 8 Ada pemakaian bahasa yang tidak konsisten, seperti pada pengukur aktifitas beta dan gamma, 42R1604/42R1558 BETA AND GAMMA ACT. MEASURING CHAIN, dimana menggunakan bahasa Jerman EIN yang berarti ON, serta AUS yang berarti OFF.

Tabel 5. Lampu indikator MTR in-pile loop RSG-GAS dengan pemberian warna yang tidak ergonomik untuk operator Indonesia.

| Kode | Uraian |
|--------|--|
| CA4032 | Motor pompa sistem untai primer, lampu hijau untuk arus OFF |
| CB6063 | Motor pompa sistem penambahan bahan kimia, lampu hijau untuk arus OFF |
| FS1000 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FS1001 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FS1394 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FS1395 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FX1201 | Katup kendali sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FX1393 | Katup kendali sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |

Tabel 6 Lampu indikator PWR/PHWR in-pile loop RSG-GAS dengan pemberian warna yang tidak ergonomik untuk operator Indonesia

| Kode | Uraian |
|--------|---|
| FT0100 | Katup selenoid sistem untai primer, lampu hijau untuk arus OFF |
| FT0101 | Katup selenoid sistem untai primer, lampu hijau untuk arus OFF |
| FT0300 | Katup selenoid sistem untai primer, lampu hijau untuk arus OFF |
| FT0301 | Katup selenoid sistem untai primer, lampu hijau untuk arus OFF |
| FT1000 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FT1001 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FT1250 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FT1450 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FT1451 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FT1700 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FT1701 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FT3400 | Katup on-off sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FT6001 | Katup on-off sistem bantu untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FX1101 | Katup kendali sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FX1551 | Katup kendali sistem batu untai primer pneumatik (<i>blowdown subsystem</i>), lampu hijau untuk katup menutup |
| FX1770 | Katup kendali sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| FX3401 | Katup kendali sistem untai primer pneumatik, lampu hijau untuk katup menutup |
| P1627 | Instrumentasi sistem bantu untai primer |
| P1629 | Instrumentasi sistem bantu untai primer |
| P1654 | Instrumentasi sistem bantu untai primer |
| P1656 | Instrumentasi sistem bantu untai primer |
| P1705 | Instrumentasi sistem bantu untai primer |

9. Tanda batas alarm ada yang tidak konsisten pada panel PWR/PHWR, seperti:

| Kode | Uraian | Banyaknya garis vertikal |
|------------|---|--|
| F1050FI04 | MAIN COOLER BY PASS FLOW RATE | tidak ada |
| F1600FI04 | BLOWDOWN FLOW RATE | 2 garis biru |
| F1625FI04 | MAKE UP FLOW RATE | 2 garis biru dan 1 garis merah |
| L1030LI08 | PRESSURIZER LEVEL | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| L1054LI02 | MAIN COOLER LEVEL | 1 garis merah dan garis biru |
| P1013PDI03 | TEST SECTION DIFF. PRESSURE | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| P1060PI02 | MAIN COOLER PRESSURE | tidak ada |
| P1627PI02 | MAKE UP PUMP CB0042 DISCHARGE PRESSURE | 1 garis biru |
| P1629PI02 | MAKE UP PUMP CB0043 DISCHARGE PRESSURE | 1 garis biru |
| P9001PI02 | COMPRESSED AIR PRESSURE | 1 garis merah |
| T10711TI07 | M. COOL PR LOOP SIDE OUTLET TEMPERATURE | 2 buah garis biru dan 2 buah garis merah |
| T1650 | AUX.COOL OUTLET TEMPERATURE | tak ada |

10. Penggunaan warna ada yang tidak sesuai dengan aturan Tabel 3, serta terbuat dari kertas berwarna yang ditempel dengan lem pada dinding vertikal panel pengendali. Hal ini diperkirakan akan mudah sobek dan lama- kelamaan warnanya akan hilang. Warna-warna label kertas tempel yang digunakan pada in-pile loop seperti pada Tabel 4.

Sedangkan pada MTR, antara lain:

| Kode | Uraian | Banyaknya garis vertikal |
|------------|--|--|
| C1181C03 | PURIFICATION SYSTEM CONDUCTIVITY | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| C1183CL03 | PURIFICATION OUTLET CONDUCTIVITY | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| F1025FI06 | PRIMARY EXCHANGE S.W. FLOW RATE | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| F1070FI04 | PRESSURIZER SPRAY FLOW RATE | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| F1075FI04 | PRESSUR. GAS DISCH. FLOW RATE | 1 garis biru |
| F1083FI04 | NITROGEN TO PRESSUR. FLOW RATE | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| F1108FI04 | MAKE UP FLOW RATE | 1 garis biru |
| F1120FI04 | PURIF. SYSTEM FLOW RATE | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| F1150FI04 | ANALYTIC FILTER FLOW RATE | 1 garis biru |
| L1030LI08 | PRESSURIZER LEVEL | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| L1068LI02 | PRESSURIZER LEVEL | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| L1101LI02 | HOLD TANK LEVEL | 1 garis biru dan 2 garis merah |
| O1182OI03 | PURIFICATION INLET PH | banyak garis secara horizontal. |
| P1000P01 | TEST SECTION DIFF. PRESSURE | 1 garis merah |
| P1013PDI03 | TEST SECTION DIFF. PRESSURE | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| P1077PI02 | PRESSURIZER PRESSURE | 1 garis biru dan 2 garis merah |
| S1040SI03 | PRIM. PUMP CA1362 SPEED | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| S1050SI03 | PRIM. PUMP CA1062 SPEED | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| T1016TI03 | EMERGENCY COOLER OUTLET TEMPERATURE | 1 garis biru dan 1 garis merah |
| T1020TL03 | PRIMARY EXCHANGE S.W. OUTLET TEMPERATURE | tidak ada |
| T1021II03 | PRIMARY EXCHANGE S.W. INLET TEMPERATURE | 1 garis biru |
| T10711TI07 | M. COOL PR LOOP SIDE OUTLET TEMPERATURE | 2 buah garis biru dan 2 buah garis merah |

Tabel 4. Label kertas tempel berwarna pada in-pile loop.

| Warna | Digunakan untuk |
|------------|----------------------|
| Oranye | PRIMAY LOOP SYSTEM |
| | |
| Merah muda | PRESSURIZER |
| Hijau tua | RECIRCULATION SYSTEM |
| Kuning | GAS/SUPPR. TANK |
| Biru muda | SERVICE WATER SYSTEM |
| Hijau muda | EMERGENCY SYTEM |

11. Pemakaian akronim atau singkatan yang tidak tetap atau konsisten pada in-pile loop, seperti pada Tabel 5.
12. Indikator laju aliran F1600FL04 (BLOW DOWN FLOW RATE) pada in-pile loop tidak memperhatikan tingkat akurasi. Sebagai contoh indikator F1600FL04 tersebut harus diatur pada kelajuan 240 liter/ jam, padahal indikator tersebut dirancang dengan skala 0,- 200 - 400 - 600 - 800. Maka sulit untuk menentukan besaran sekitar 240 l/h.

KESIMPULAN

Hasil evaluasi kualitatif ialah sistem mikroergonomik panel pengendali in-pile loop RSG-GAS perancangannya belum ergonomik untuk tenaga kerja standar Indonesia, dengan perincian sebagai berikut.

1. Perancangan panel pengendali belum memperhitungkan segi anthropometri dan

7. DAFTAR PUSTAKA

1. ANSALDO, "MTR Loop Preoperational Test Procedure," ESL 41205 S0007, 1993, p
2. ANSALDO, "PWR/PHWR Loop Preoperational Test Procedure," ESL 42205 S0006, 1993,
3. ANSALDO, "PWR/PHWR Primary Loop System Operating manual," ESL 42905 S0002, 1992,
4. DEPNAKER, "KATIGA," B.P. Panca Bhakti, Jakarta, 1994.
5. NUREG 0700, " Guidelines for Control Room Design Viewer," Division of Human factors Safety, 1991, pages 6.1 6; 6.117; 6.1-19; 6.1-20.

ruang gerak serta ruang lalu lalang tidak memenuhi persyaratan NUREG 0700. . Karena standar pernukliran di Indonesia juga mengacu standar yang dikeluarkan oleh IAEA termasuk NUREG 0700, maka segi anthropometri tersebut juga tidak sesuai untuk operator Indonesia dengan memperhatikan koreksi dimensi tubuh Indonesia seperti pada Tabel 1.

2. Bagian mimik diagram alir masih menggunakan indikator berwarna yang belum sesuai dengan persyaratan NUREG/CR-3517 seperti pada Tabel 2, serta efek psikologis warna bagi orang Indonesia.
3. Bagian indikator, masih ada petunjuk pengaturan set point, alarm, akronim, tinggi karakter, pelabelan, akurasi yang belum konsisten.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Signore Giovanni Mini dari Ansaldo yang telah banyak memberi penjelasan tentang perancangan panel pengendali in-pile loop beserta beberapa kendalanya. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Kepala PRSG, Kepala Bidang operasi Reaktor-PRSG yang telah mengizinkan untuk mengevaluasi kondisi panel pengendali in-pile loop dari segi ergonomika. Untuk teknisi Bidang Penerapan Ergonomika yang telah dengan tekun mengambil gambar audio visual in-pile loop untuk diteliti di laboratorium BPE-PPTKR.

6. NUREG/CR 3517-PNL-4865, "Recommendations to NRC on Human Engineering Guidelines for Nuclear Power Plant maintainability," Pacific Northwest Laboratory, 1986, pages 9-15; 9.14, 9-18
 SUMA'MUR PK, DR. M.Sc, "Hiperkes Keselamatan Kerja dan Ergonomi," Dharma Bati, Jakarta, 1987, halaman 296.

Tabel 5. Akronim pada in-pile loop yang tidak konsisten digunakan.

| Pada | Sedang Pada |
|--|--|
| AUXILIARY COOLER BA0035 | F1651FR07 S.W. TO AUX. COOLER FLOW RATE |
| F1070FI04 PRESSURIZER SPRAY FLOW RATE | F1075FI04 PRESSUR. GAS DISCH. FLOW RATE |
| P1669 SERVICE WATER HEADER LOW DIFF. PRESSURE | T1061TR04 MAIN COOLER SERV. WAT. OUTLET TEMP. , dan F1651FR07 S.W. TO AUX. COOLER FLOWRATE. |
| O1182OI03 PURIFICATION INLET PH | F1120FI04 PURIF. SYSTEM FLOW RATE |
| P1060PI02 MAIN COOLER PRESSURE | T1071TI07 M. COOL PR. LOOP SIDE OUTLET TEMPERATURE |
| R2001RR01 RADIO ACTIVITY MULTIPOINT RECORDER | R1604/42R1558 BETA AND GAMMA ACT. MEASURING CHAIN |
| T1020TL03 PRIMARY EXCHANGE S.W. OUTLET TEMPERATURE | S1040SI03 PRIM. PUMP CA1362 SPEED |
| T1061TR04 MAIN COOLER SERV. WAT. OUTLET TEMP. | F1055FR05 S.W. FROM MAIN COOL. FLOW RATE. |
| T1700TR04 S.W. HEADER INLET TEMPERATURE | T1061TR04 MAIN COOLER SERV. WAT. OUTLET TEMP. |

DISKUSI

1. Pertanyaan: L. Kwin Pujiastuti

- Kenapa baru sekarang ditampilkan masalah-masalah yang tidak ergonomik, padahal RSG-GAS dan In-Pile Loop sudah jadi?. Mengapa tidak membahas masalah ergonomik sejak dulu saat akan merancang RSG-GAS dan In- Pile Loop ?
- Bagaimana mengantisipasi keadaan yang sekarang ini?
- Berapa persen perbedaan antara orang Indonesia dengan orang Italia atau Jerman?

Jawaban:

- RSG - GAS dan In-Pile Loop, merupakan hasil project dilingkungan BATAN PPTA Serpong, yang disebut Phase I dan Phase II, dan dimulai sebelum tahun 1986. Sedang Bidang Penerapan Ergonomika (BPE) Pusat Penelitian Teknologi Keselamatan Reaktor Batan. baru dibentuk melalui Keputusan Direktur Jenderal Batan nomor 127/DJ/XII/1986, tanggal 10 Desember 1986. Dan perlu diketahui bahwa BPE baru efektif bekerja sejak tahun 1990 setelah ada pejabat Kepala Bidang Penerapan Ergonomika dari PPTN Bandung. Ergonomika tidak tergantung pada masa awal desain maupun desain tersebut sudah terlanjur digunakan. Ergonomika membahas interaksi manusia dan mesin. Jika masalah manusia tidak dapat dipenuhi, maka masalah mesin yang harus dibenahi, atau sebaliknya. Dari pengalaman RSG-GAS dan In-Pile Loop yang menggunakan standar DIN Jerman, maupun standar Italia,

menjadikan ada sebagian panel kendalinya yang tidak ergonomik sesuai anthropometri atau dimensi tubuh tenaga kerja Indonesia. Untuk itu **perlu diingat pentingnya ergonomika untuk perancangan awal seperti untuk rencana Reaktor Produksi Isotop (RPI).**

- b. Kalau masalah mesinnya masih dapat diubah dengan ketersediaan dana, maka mesinnya yang perlu diubah. Jika tidak, maka persyaratan operator atau manusianya yang perlu diperketat, sehingga dapat bekerja secara ergonomik berdasarkan standar DIN Jerman atau Italia.
- c. Untuk orang Italia dan Jerman belum diteliti. Tapi untuk orang Amerika, telah dibahas oleh Drs. Soedarsamsi Sjamsoe PPTKR, pada laporan Penelitian atau Laporan Teknis PPTKR tahun 1995, PPTKR-61/1995, halaman 42.49, dimana tinggi berdiri anthropometri penduduk laki-laki Indonesia ialah 92,91% daripada penduduk laki-laki Amerika, sedang tinggi berdiri anthropometri penduduk perempuan Indonesia 94,45% daripada penduduk perempuan Amerika.

2. Pertanyaan: **Satmoko**

- a. Apa yang dimaksud dengan mikroergonomik?
- b. Dari sudut ekonomis, apakah sesuatu yang ergonomik itu lebih ekonomis?

Jawaban:

- a. Mikroergonomik, secara singkat adalah interaksi manusia-mesin, sedang makroergonomik ialah interaksi manusia-teknologi. Contoh mikroergonomik ialah interaksi antara operator In-Pile Loop dengan panel pengendali In-Pile Loop. Contoh makroergonomik ialah interaksi antara operator dengan manajemen atau sistem organisasi serta teknologi untuk mengelola In-Pile Loop.
- b. Sesuatu yang tidak ergonomik lebih sering menimbulkan gangguan pada manusianya dibanding jika sistem tersebut ergonomik. Gangguan pada manusia yang mengoperasikan suatu sistem, akan menimbulkan gangguan pada sistem tersebut. Gangguan pada sistem akan mengakibatkan kecelakaan bagi manusia maupun sistemnya. Kecelakaan akan mengakibatkan manusianya atau sistemnya cacat, luka, meninggal dan sebagainya. Kecelakaan tersebut memerlukan biaya, misal asuransi, uang duka dan sebagainya. Jelaslah sistem yang tidak ergonomik, kurang ekonomis dibanding sistem yang ergonomik. Bila biaya untuk membuat sistem tersebut ergonomik ternyata sangat besar, maka dapat diselesaikan dengan cara memperketat persyaratan manusia yang akan mengoperasikan sistem tersebut, sehingga interaksi manusia-mesin dari sistem tersebut menjadi ergonomik.