

ANALISIS KEMAMPUAN PENYANGGA PERISAI BIOLOGIS *IN-PILE LOOP*

Djaruddin Hasibuan
Pusat Reaktor Serba Guna

ABSTRAK

ANALISIS PENYANGGA PERISAI BIOLOGIS *IN-PILE LOOP*. Dalam rangka melengkapi laporan analisis keselamatan *IN-PILE LOOP* dan untuk menjamin keselamatan personil dan peralatan yang berada di bawah perisai biologis *IN-PILE LOOP*, telah dilakukan analisis penyangga perisai biologis yang berada pada ketinggian 10.2 m di atas lantai dasar ruang 0423 gedung reaktor. Pada instalasi terpasang perisai biologis, penggunaan profil W 8 x 13 sebagai penyangga utama sisi horizontal dan profil C 8 x 11.5 sebagai penyangga utama pada sisi *vertical*. Dari analisis yang dilakukan diperoleh tegangan maksimum yang diijinkan lebih besar dari tegangan yang terjadi akibat pembebanan. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa konstruksi penyangga perisai biologis *IN-PILE LOOP* memenuhi syarat keselamatan.

ABSTRACT

ANALYSIS OF BIOLOGICAL SHIELDING SUPPORT OF *IN-PILE LOOP*. Base on the requirement criteria, and to assure personnel and equipment safety under surrounding area, analysis of the biological shielding has been done. This biological shielding is in the 10.2 m height on the base floor room 0.423 in reactor building. By using W 8 x 13 shapes main support at the horizontal site of the biological shielding installation and C 8 x 11.5 shapes in vertical site, the maximum allowable stress was found to be bigger than the actual stress. From the final analysis it can be concluded that the biological shielding support of *IN-PILE LOOP* is in safe condition.

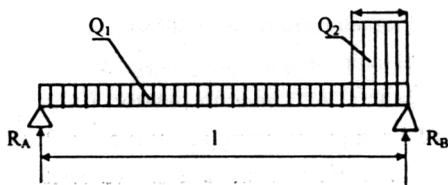
PENDAHULUAN

Keterbatasan dokumentasi yang memuat karakteristik perisai biologis / mekanik *IN-PILE LOOP*, menimbulkan keraguan atas kemampuan penyangganya. Dalam rangka melengkapi laporan analisis keselamatan fasilitas *IN-PILE LOOP*, maka perlu dilakukan analisis terhadap kemampuan penyangga perisai biologis *IN-PILE LOOP* sehingga diperoleh keyakinan atas kemampuan penyangga tersebut. Perisai biologis *IN-PILE LOOP* adalah bagian yang berfungsi untuk mengungkung *insulation valve* agar tidak menyebarkan sinar radioaktif ke lingkungan sekitarnya serta berfungsi sebagai perisai mekanik. Hal ini sangat penting mengingat tekanan operasi fasilitas *IN-PILE LOOP* yang

sangat tinggi (145 bar), sehingga apabila terjadi kegagalan sistem berupa kebocoran *seal* pada *insulation valve*, semburan air radio aktif bertekanan tinggi akan terkungkung oleh perisai biologis ini. Mengingat posisi instalasi perisai biologis ini berada pada ketinggian 10,2 m di atas lantai dasar dan terletak di atas pintu yang menuju ruang bongkar muat material, maka harus dapat diyakinkan bahwa kekuatan penyangga utama yang menanggung beban tersebut harus di atas beban yang ada. Untuk mengetahui hal tersebut, maka telah dilakukan analisis kemampuan penyangga perisai biologis *IN-PILE LOOP*, dengan cara melakukan perhitungan kekuatan terhadap penyangga utama dari perisai tersebut diatas sehingga diketahui karakteristik kemampuan penyangga terhadap beban yang timbul.

TEORI

Gambar detail konstruksi penyangga dan distribusi beban perisai biologis *IN-PILE LOOP* ini ditunjukkan pada lampiran 1. Namun demikian, secara sistematis pembebanan tersebut dapat disederhanakan melalui Gambar 1.



Gambar.1 Bentuk pembebanan terbagi rata.

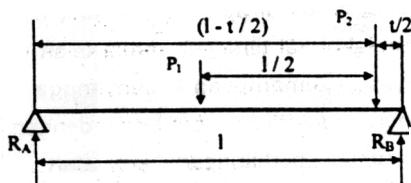
Keterangan Gambar:

- R_A = Reaksi tumpuan A.
- R_B = Reaksi tumpuan B
- Q_1 = Beban terbagi rata sisi *horizontal*
- Q_2 = Beban terbagi rata sisi *vertical*

Beban terbagi rata (Q_1) yang bekerja pada sisi *horizontal* antara lain terdiri atas: berat perisai *horizontal*, berat penyangga utama *horizontal*, berat penyangga pembantu *horizontal*, dan beban hidup yang berasal dari berat 2 orang operator.

Pada sisi *vertical*, beban terbagi rata (Q_2) adalah merupakan perjumlahan berat mati dari masing-masing: perisai *vertical*, penyangga utama *vertical*, penyangga pembantu dan beban hidup yang berasal dari berat 2 orang operator.

Dari kondisi tersebut dapat diasumsikan bahwa pembebanan terdistribusi merata dan bersifat statis, sehingga perhitungan gaya-gayanya dapat dianggap sebagai beban terpusat dengan titik kerjanya seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Bentuk pembebanan terpusat.

Dalam keadaan setimbang total momen gaya pada titik tumpuan A dan B harus sama dengan nol, sehingga beban pada titik tersebut adalah:

$$R_A = \frac{P_1 l/2 - P_2 l/2}{l} \quad (1)$$

$$R_B = \frac{P_2(l - l/2) - P_1 l/2}{l} \quad (2)$$

Besaran gaya reaksi pada tumpuan A adalah sama dengan tegangan geser yang terjadi pada baut angkur pengikat dudukan penyangga pada dinding beton dan pada kampuh las yang mengalami tegangan geser pada sambungan las dudukan penyangga, sedangkan besaran reaksi pada tumpuan B adalah merupakan tegangan tarik pada penyangga tegak. Pada prinsipnya penyangga perisai biologis ini termasuk pada kategori penyangga *Non safety class* yaitu penyangga yang apabila gagal tidak menyebabkan berhentinya reaktor beroperasi, oleh karena itu batasan-batasan analisis tegangan didasarkan pada ASTM (*American Society Testing Material*) dan AISC (*American Institute of Steel Construction*), dimana untuk baja struktur *Non Compact Section* tegangan tarik maksimum yang diijinkan sebesar $0,60 F_y$ dan tegangan geser maksimum yang diijinkan sebesar $0,40 F_y$, dimana F_y adalah *yield force*³. Pada prinsipnya, konstruksi dinyatakan aman apabila dipenuhi :

Tegangan yang timbul lebih kecil dari pada tegangan ijin maksimum

METODE ANALISIS

Metode analisis penyangga perisai biologis ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Penentuan arah dan besar gaya yang bekerja pada penyangga.
2. Pemeriksaan kekuatan.

TATA KERJA

1. Penentuan arah dan besar gaya yang bekerja pada penyangga.

Jenis beban yang disangga oleh penyangga adalah beban berat sehingga arah

kerja gaya selalu menuju ke arah bawah. Mengacu pada gambar konstruksi terpasang (terlampir), maka dapat dibuat tabel jenis, ukuran dan berat mati masing-masing komponen pembentuk perisai pada sisi vertikal seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik masing-masing komponen pembentuk perisai biologis sisi horizontal.

No	Komponen/ Bahan	Dimensi			Berat mati satuan (lb)	Jumlah (buah)	Berat mati total (lb)
		p in	l in	t in			
1	Perisai (P _b)	138,7	56,5	2,6	7293	1	7293
2	Penyangga utama W8x13-ASTM A36	56,5			61	8	488,8
3	Plat no.1 Plat ASTM-A514	19,7	3,94	0,63	13,79	26	358,54
4	Plat no.2 Plat ASTM-A514	19,7	1,6	0,63	5,25	52	273
5	Penyangga bantu C 4 x 5,4-ASTMA36	19,7			8,86	52	460,50
6	Plat alas Plat ASTM A514	19,7	0,2	0,63	423,75	2	847,5
7	Dudukan penyangga Plat ASTM A514	137,8	15,63	0,63	2005	1	2005
8	Beban hidup				125	2	250
						Berat total = 11990 lb	

Dari Tabel.1 terlihat bahwa total berat mati seluruh komponen horizontal yang merupakan beban terbagi rata (Q_1) = 11990 lbs, dibulatkan menjadi (Q_1) = 12000 lbs.

Jumlah pasangan penyangga (n) = 8 pasang, maka besar beban untuk setiap pasang (q_1) = 1500 lbs.

Tabel.2 Karakteristik masing-masing pembentuk perisai biologis sisi tegak

No	Komponen/ Bahan	Dimensi			Berat mati satuan (lb)	Jumlah (buah)	Berat mati total (lb)
		p in	l in	t in			
1	Perisai (P _b)	138,7	47,25	2,6	6098	1	6098
2	Penyangga utama C 8x11,5-ASTM A36	103,2			98,9	8	791,2
3	Dudukan penyangga Plat ASTM-A514	7,85	7,85	0,63	15	16	240
4	Plat pengarah Plat ASTM-A514	137,8	89,75	0,63	676,2	2	1352,4
5	Penyangga bantu C 6 x 8,2-ASTM A36	138,7			94,7	5	342,3
6	Beban hidup				125	2	250
						Berat total = 9060,9 lb	

Dari Tabel 2 terlihat bahwa total berat mati seluruh komponen tegak yang merupakan beban terbagi rata (Q_2) = 9060, 9 lb, dibulatkan menjadi (q_2) = 9200 lb. Jumlah pasangan penyangga (n) = 8 pasang, maka besar beban setiap pasang penyangga (q_2) = 1200 lb. Untuk mengantisipasi beban dinamik tak terduga, maka q_2 dikalikan dengan suatu faktor pergandaan (k), dimana untuk penyangga yang tergolong *Non Safety Class* harga $k = 1,33$ sehingga diperoleh $P_1 = 1995$ dan $P_2 = 1596$ lbs.

Dengan menggunakan rumus (1) dan (2) untuk panjang gelagar $l = 56,5$ inchi, maka diperoleh harga $R_A = 1963,2$ lbs, dibulatkan = 2 kips dan $R_B = 563,2$ lbs, dibulatkan menjadi = 600 lbs = 0,6 kip

2. Pemeriksaan kekuatan

Tabel.3

Spesifikasi baut angkur

Diameter lubang (mm)	Pan-ang baut angkur (mm)	kedalaman lubang min (mm)	Z_{rec} (KN)	Q_{rec} (KN)	No. kode Produksi	No. Identifikasi
24	152	120	28	41.1	HSL-B-TZ M16/25	45867/9

Beban tarik yang diijinkan bekerja pada baut (statis), jika baut dipasang pada beton dengan kemampuan ikat = 30 N/mm^2 .
Beban geser yang diijinkan bekerja pada baut (statis), jika baut dipasang pada beton dengan kemampuan ikat = 30 N/mm^2 .

Dari Tabel.3 diperoleh bahwa beban tarik maksimum yang diijinkan pada baut angkur = $28 \text{ KN} = 61600 \text{ lb} = 61,6 \text{ kip}$, dan beban geser maksimum yang diijinkan = $41,1 \text{ KN} = 90420 \text{ lb} = 90,42 \text{ kip}$. Untuk setiap pasangan penyangga utama, pada sisi horizontal digunakan 3 buah baut angkur. Sedangkan pada sisi tegak digunakan 4 buah baut angkur oleh karena itu yang perlu diperiksa kekuatannya adalah bagian yang terlemah yaitu yang menggunakan 3 buah baut angkur.

b. Pemeriksaan kekuatan kampuh las dudukan penyangga.

Sistem sambungan las yang perlu diperiksa kekuatannya adalah sistem sambungan las pada dudukan penyangga horizontal dan penyangga tegak. Mengacu

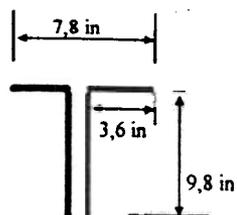
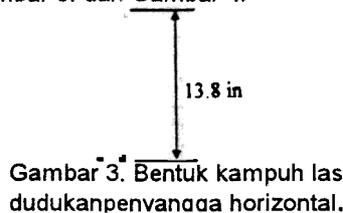
Pada konstruksi perisai biologis IN PILE-LOOP ini, bagian yang perlu diperiksa kekuatannya adalah bagian yang langsung dikenai beban dan dianggap paling lemah, dalam hal ini adalah :

- Baut angkur pengikat penyangga horizontal pada tembok.
- Sambungan las dudukan penyangga utama.
- Penyangga utama tegak

a. Pemeriksaan kekuatan baut angkur

Beban yang bekerja pada baut angkur = $R_A = 2$ kips, merupakan beban geser. Baut angkur yang digunakan adalah baut HILTI, dengan spesifikasi teknik seperti terlihat pada tabel. 3.

pada gambar konstruksi terpasang (terlampir), diperoleh bahwa untuk dudukan penyangga horizontal dan penyangga tegak, bentuk penampang kampuh las adalah seperti terlihat pada Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar.4 Bentuk penampang kampuh las dudukan penyangga tegak.

Dari Gambar 3. dan 4, diperoleh panjang kampuh las untuk dudukan penyangga horizontal = 27,6 in, dan untuk penyangga tegak = 42,4 in. Dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh welding inspector BATAN [5] diperoleh lebar kampuh las rata-rata = 3/16 in, maka tinggi kampuh las = $0,707 \times 3/16$ in = 0,1325 in. Bahan kawat las yang digunakan adalah E-60, maka tegangan ijin maksimum kampuh las = $0,3 \times 60$ ksi = 18 ksi [2]. Tegangan ijin maksimum untuk setiap inche panjang kampuh las = $18 \times 1" \times 0,707 \times 3/16" = 2,386$ ksi.

Untuk dudukan penyangga horizontal, dengan panjang kampuh las = 27,6 in diperoleh tegangan ijin maksimum (S_i) = 65,8 ksi, maka dengan cara membandingkan harga R_A dengan tegangan ijin maksimum diperoleh 1 ksi < 65,8 ksi.

Untuk dudukan penyangga tegak, dengan panjang kampuh las = 42,4 in, diperoleh tegangan ijin maksimum = 101,1 ksi, maka dengan cara membandingkan harga R_B dengan tegangan ijin maksimum diperoleh 0,35 ksi < 101,1 ksi.

c. Pemeriksaan kekuatan profil penyangga utama tegak

Penyangga tegak perisai *IN-PILE LOOP* ini dibuat dari profil C 8 x 11,5, bahan baja ASTM A36. Dalam pengoperasiannya penyangga ini mengalami tegangan tarik sebesar R_B . Untuk baja ASTM A36 tegangan tarik ijin maksimum (S_i) = $0,6 \cdot F_y$, dimana F_y = yield force [3]. $S_i = 0,6 \cdot 36$ ksi = 21,6 ksi = diambil 21 ksi.

Untuk profil C 8 x 11,5, didapat luas penampang metal (A) = 3,38 in² [3], maka tegangan tarik ijin maksimum (S_i) = $3,38 \times 21 = 70,98$ ksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. S.TIMOSHENKO, "Strength of Material", D.Van Nostrad Company Inc New York 1966.
2. CHARLES. G. SALMON AND JOHN .E. JOHNSON, "Steel Structures, Design and Behavior" second edition.

PEMBAHASAN

Besarnya tegangan geser yang terjadi pada baut dan sambungan las pada tumpuan A, (S_A) = 2 kip < dari tegangan ijin maksimum pada baut angkur ($Z_{ec} = 90.42$ kips) dan tegangan ijin maksimum pada sambungan las ($S_i=63,3$ ksi), hal ini berarti bahwa baut angkur dan sambungan las dudukan penyangga aman terhadap tegangan geser yang timbul. Pada penyangga tegak tegangan tarik yang timbul ($S_A = 0,6$ ksi) < dari tegangan tarik ijin maksimum ($S_i = 70,98$ ksi), maka penggunaan profil C 8 x 11,5 sebagai penyangga tegak aman terhadap tegangan tarik yang timbul.

KESIMPULAN

Dengan selesainya analisis ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

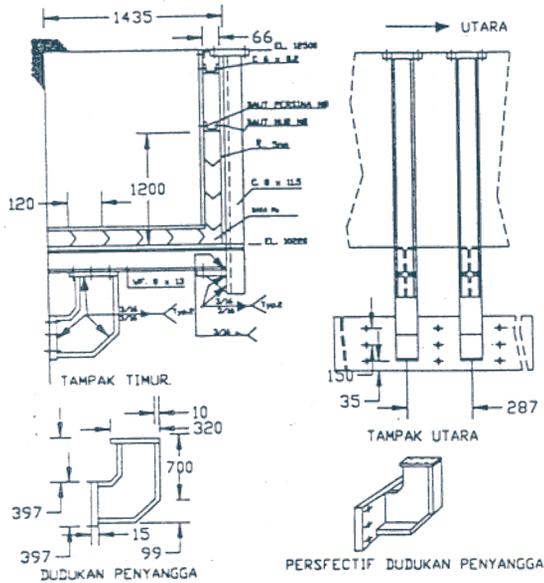
1. Tegangan ijin maksimum lebih kecil daripada tegangan yang timbul, hal ini berarti bahwa konstruksi aman terhadap pembebanan yang terjadi.
2. Keyakinan akan kemampuan penyangga yang didasarkan pada hasil analisis dapat menghilangkan keraguan atas keselamatan personil dan peralatan yang ada di bawahnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

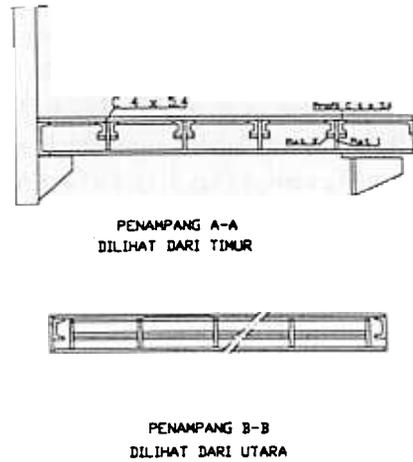
Dalam penulisan makalah ini penulis mengucapkan termakasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Setiyanto dan Drs. Hudi Hastowo yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk menuntun penulis selama pembuatan makalah ini.

3. Anonymous, "Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design", ninth edition, Chicago 1992.
4. HILTI, Application and Products 1991/92, No: TE 18 - M.
5. MARGONO, "Visual Inspection Records of Hardware *IN-PILE LOOP*", Serpong, August 1992.

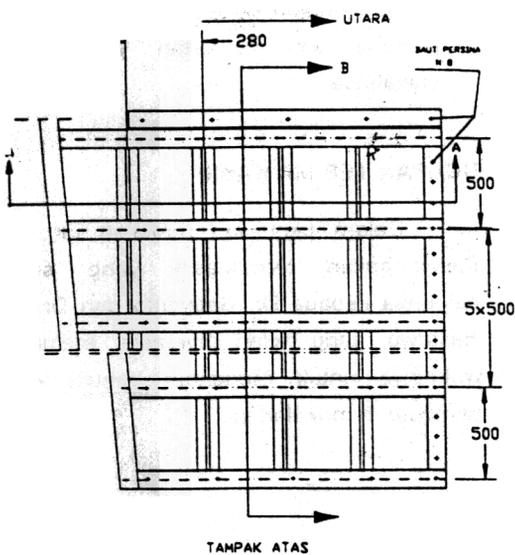
Lampiran 1 halaman 1/3



Lampiran 1 halaman 3/3



Lampiran 1 halaman 2/3



DISKUSI

1. Pertanyaan: Sarwani

- a. Mengingat perisai biologis terbuat dari Pb dan bebannya sangat besar, apakah dalam menganalisis kemampuan penyangga perisai biologis juga diperhitungkan tentang kekuatan atau kemampuan dari dinding reaktor akibat pembebanan perisai biologis tersebut? Mohon dijelaskan.

Jawaban:

- a. Data yang diperoleh dari acuan 4 (Brosur HILTI), diperoleh informasi bahwa beban tarik yang diijinkan pada baut statis, jika baut dipasang pada beton dengan kemampuan ikat = 30 N/mm^2 . Sedangkan beton gedung Reaktor Serba Guna ialah beton berat dengan kemampuan 45 N/mm^2 , maka disimpulkan bahwa baut angkur, maupun beton gedung reaktor aman terhadap beban yang timbul.

2. Pertanyaan: Pustandyo

- a. Jenis material apa yang digunakan sebagai bahan penyangga?
b. Berapa besar perbedaan tegangan maksimum yang diijinkan dengan tegangan yang terjadi akibat pembebanan?
c. Apabila perbedaannya cukup besar, apa sudah dicoba dianalisis kalau jumlah penyangga dikurangi supaya ekonomis atau efisien?

Jawaban:

- a. Bahan yang digunakan sebagai bahan penyangga utama ialah baja ASTM A 36.
b. Untuk kampuh las, bahan kawat las yang digunakan adalah E 60, dengan lebar kampuh las = $3/16$ inchi. Untuk setiap panjang kampuh las 1 inchi beban yang diijinkan maksimum = 2,386 kip. Beban yang timbul = 1,1 kip dan konstruksi akan aman.
c. Untuk penyangga *vertical* digunakan C 8 x 11,5 baja ASTM A 36, dari tabel *properties of shape* diperoleh $A = 3,38 \text{ in}^2$. Jika tegangan ijin maksimum = $0,6 \times 36 = 21 \text{ ksi}$, maka tegangan yang diijinkan untuk $A = 3,38 \text{ in} = 70,98 \text{ ksi}$. sementara beban yang timbul adalah 2,5 ksi, maka konstruksi aman. Yang dilakukan adalah kegiatan analisis dan bukan perancangan, karena perisai biologis sudah terpasang, maka tidak mungkin dilakukan pengurangan material.