

Redesain Tempat Kerja Untuk Meningkatkan Kenyamanan Dalam Proses Peleburan Paduan Perunggu Perajin Gamelan Bali Di Desa Tihingan

IGN. Priambadi^{1)*}, IKG.Sugita¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: priambadi.ngurah@yahoo.com

Abstrak

Gamelan Bali merupakan suatu alat akustik yang keberadaannya dimanfaatkan sebagai salah satu sarana pendukung dalam melakukan upacara ritual bagi umat Hindu di Bali. Desa Tihingan adalah merupakan ikon dari gamelan Bali, karena desa ini terkenal dengan produksi gamelannya dan terkenal sampai ke Mancanegara. Proses pembuatan gamelan dimulai dari peleburan paduan perunggu, forging, serta pelarasan yang bertujuan untuk mendapatkan nada dasar dari bilah gamelan. Proses peleburan adalah merupakan peleburan paduan perunggu yang terdiri dari unsur 80 % Cu dan 20 % Sn, dimana komposisi tersebut secara konvensional dipakai oleh perajin untuk menjaga kualitas gamelan yang dihasilkan. Pada proses peleburan paduan perunggu temperatur yang diperlukan $\pm 1083^{\circ}\text{C}$, pencapaian temperatur ini tentunya menyebabkan temperatur lingkungan tempat kerja menjadi tinggi. Berdasarkan studi yang dilakukan temperatur tempat kerja perajin diukur dengan metode MRT rata-rata mencapai $42,69 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$, temperatur ini menunjukkan kondisi tempat kerja kurang nyaman. Berdasarkan kondisi tersebut, maka dilakukan studi terhadap tempat kerja perajin agar paparan panas yang terjadi dapat dikurangi sehingga tempat kerja perajin dapat ditingkatkan kenyamanannya. Studi yang dilakukan adalah mendesain ulang tempat kerja dengan memperhatikan konsep penugasan, lingkungan dan organisasi kerja. Penerapan ketiga konsep ini dalam proses pendesainan ulang (redesain) pada tempat kerja perajin dimulai dari paparan panas yang terjadi, selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi dari tempat kerja yang didasarkan atas konsep termodinamika. Studi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa redesain yang dilakukan memberikan dampak yang positif terhadap kondisi lingkungan tempat kerja. Kondisi lingkungan tempat kerja perajin secara termodinamika menunjukkan bahwa faktor kenyamanan mengalami peningkatan. Adapun perubahan dimensi bangunan sebelum redesain (S_1) dan sesudah redesai (S_2) tersebut mulai dari ketinggian total bangunan meningkat 35,33 %, perubahan terhadap volume ruang tempat kerja meningkat 26,19 %, luas ventilasi bertambah sebesar 6,08 %.

Kata kunci : Redesain, kenyamanan, peleburan, paduan perunggu

Abstract

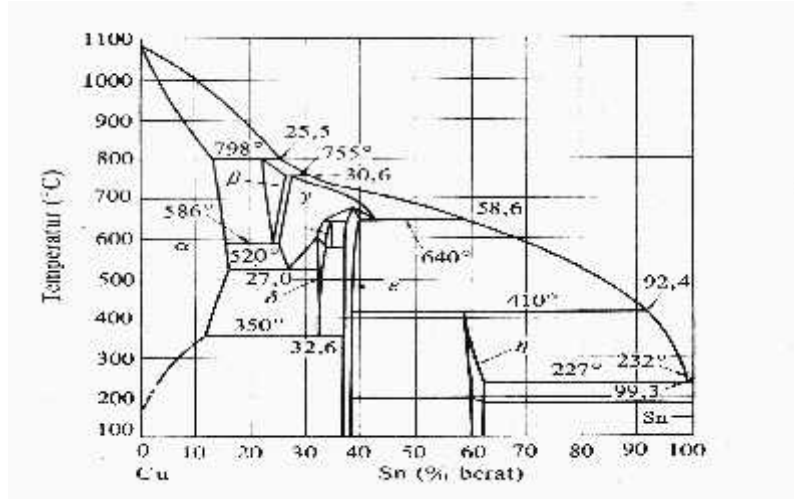
The Balinese gamelan is an acoustic instrument which existence was used as one means of support in performing ritual for Hindus in Bali. The village is famous for the production of gamelan and well-known internationally. Gamelan-making process starts from a bronze alloy casting, forging, and tunings which aims to get the basic tone of the blades gamelan. Casting process is an amalgamation of bronze alloy consisting of elements of 80% Cu and 20% Sn, wherein the composition is conventionally used to maintain the quality of the resulting gamelan. In the bronze alloy casting process required temperature $\pm 1083^{\circ}\text{C}$ is certainly causing temperatures workplace environment becomes high. Based on studies conducted, workplace temperature measured by the method MRT average reached $42.69 \pm 0.73^{\circ}\text{C}$, the temperature shows less comfortable working conditions. Under these conditions, then study was made of workplace artisans so that heat exposure occurs can be reduced so that the workplace can be improved. Studies conducted is redesigning the workplace by taking into account the concept of the assignment, environmental and labor organizations. The third application of this concept in the process of redesign the craftsmen work starts from heat exposure occurs, then performed the calculation of the dimensions of the workplace that is based on the concept of thermodynamics. it can be concluded that the redesign made a positive impact on condition of the workplace environment. Environmental conditions in the workplace indicates that the comfort factor has increased. The change in the dimensions of the building before the redesign (S_1) and after redesai (S_2) of the total height of the building ranging from increased 35.33%, changes to the volume of work space increased 26.19%, ventilation increases by 6.08%.

Keywords: Redesigning, comfort, casting, bronze alloy

^{*)}Penulis korespondensi, HP: 081337610065,
Email: priambadi.ngurah@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Proses peleburan merupakan langkah awal dalam pembuatan gamelan, dimana material yang dilebur adalah tembaga (Cu) dan timah putih (Sn) adapun komposisi dari masing-masing material tersebut 80 % Cu dan 20 % Sn. Komposisi ini menggambarkan kualitas terbaik yang sudah biasa dilakukan oleh perajin yang ada di desa Tihingan, dari hasil penelitian yang telah dilakukan komposisi tersebut nilai kekerasannya rata-rata 29,33 VHN [1]. Berdasarkan diagram fase Proses peleburan paduan perunggu terjadi pada temperatur 1083°C [2], dapat dilihat dari Gambar 1.



Gambar 1 Diagram fase paduan tembaga-timah [2]

Sampai mencapai temperatur tersebut tentu menyebabkan paparan panas dari tungku dalam proses pembakaran bahan bakar (arang) menyebabkan temperatur udara di tempat kerja menjadi kurang nyaman. Berdasarkan studi yang telah dilakukan temperatur udara di tempat kerja diukur dengan metode MRT (*mean radiant temperature*) menunjukkan temperatur rata-rata sebesar $42,69 \pm 0,732$ °C, kecepatan angin $0,03$ m/det² serta kelembaban relatif 70 %. *Comfort zone* untuk negara dengan dua musim memberikan toleransi temperatur panas lingkungan kerja $35 \div 40$ °C atau tingkat radiasi $510,163 \div 544,106$ W/m² [3]. Tingkat kelembaban relatif di dalam ruangan kerja sebaiknya 30 s/d 60 % [4], kecepatan angin yang memberikan rasa nyaman di dalam ruangan saat kondisi lingkungan yang panas minimal $0,18$ m/det [5].

Gambaran kondisi diatas terjadi karena tempat kerja perajin belum memperhatikan faktor kenyamanan kerja, disini perajin rata-rata lebih mementingkan produksi yang diharapkan. Tempat kerja perajin rata-rata mempunyai luas 30 m², dengan ventilasi seadanya serta tinggi atap yang rendah, sehingga udara panas hasil pembakaran lambat keluar karena tarikan secara gravitasi rendah. Hal ini mengakibatkan temperatur udara di tempat kerja menjadi tinggi.

2. METODE

Untuk menjawab permasalahan yang ada, maka dalam studi dilakukan beberapa langkah-langkah pendekatan seperti :

- Tempat kerja yang di redesain hanya satu dan mempunyai luasan 30 m², dalam penentuannya dilakukan secara acak dari 25 tempat kerja . Dalam pengambilan sampel dilakukan pengundian dengan cara pemberian abjad untuk masing-masing tempat kerja.
- Pengambilan data dilakukan sebelum dan sesudah di redesain, meliputi temperatur yang didasarkan dengan metode MRT (*mean radiant temperature*) dengan pengulangan sebanyak 3 kali.. Berdasarkan ASHRAE Standard 55P [6] menghitung MRT digunakan persamaan di bawah ini :

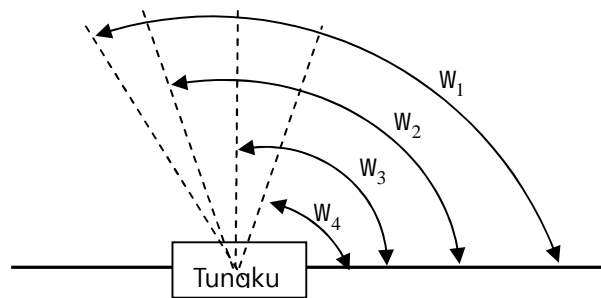
$$MRT = \frac{T_1 \cdot W_1 + T_2 \cdot W_2 + T_3 \cdot W_3 + \dots + T_n \cdot W_n}{360} \quad (1)$$

T = temperatur permukaan sesuai sudut pengukuran (°C)
 = sudut paparan (°), ditetapkan berdasarkan mobilitas perajin saat melakukan aktivitasnya
 Total sudut pengukuran adalah 360 °

- Perhitungan ventilasi, yang berfungsi untuk memberikan sirkulasi udara di tempat kerja, luas ventilasi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

[7]

$$L_j = \frac{Q}{v} \text{ (m}^2\text{)} \quad (2)$$



Gambar 2 Penempatan probe dari thermokopel

Kapasitas aliran udara panas (Q) dihitung dengan persamaan :

$$Q = \frac{H}{60} \cdot Cp \cdot p (t_i - t_o) \text{ m}^3 / \text{det} \quad (3)$$

dimana :

- L = luas ventilasi (m²)
- Q = kapasitas udara panas di ruang kerja (m³/det)
- v = kecepatan angin diukur pada kondisi alamiah (m/det)
- Cp = panas jenis udara pada tekanan konstan = 1025 J/kg °C
- H = panas yang dipindahkan (Watt = Joule/detik)
- t_i = temperatur udara di dalam ruangan (°C)
- t_o = temperatur udara di luar ruangan (°C)

- Menghitung laluan gas asap dengan tarikan alamiah digunakan dengan persamaan [8]:

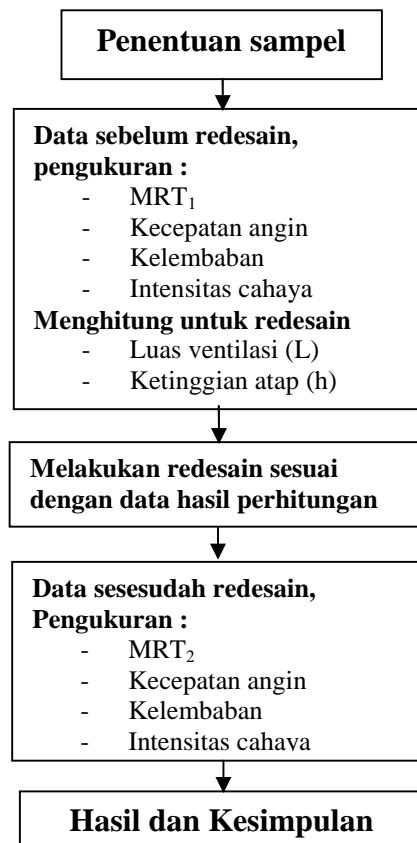
$$p_1 \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (4)$$

$$\Delta p = \dots \cdot g \cdot h \text{ (atm)} \quad (5)$$

dimana :

- p = perbedaan tekanan dari sumber panas ke udara atmosfer (atm)
- = p₁ - p₂
- p₁ = tekanan di tempat kerja
- p₂ = tekanan udara luar = 1 atm
- V = volume ruang (m³)
- R = konstanta
- = 0,286 kJ/kg K
- = massa jenis udara (kg/m³)
- g = percepatan gravitasi (m/det²)

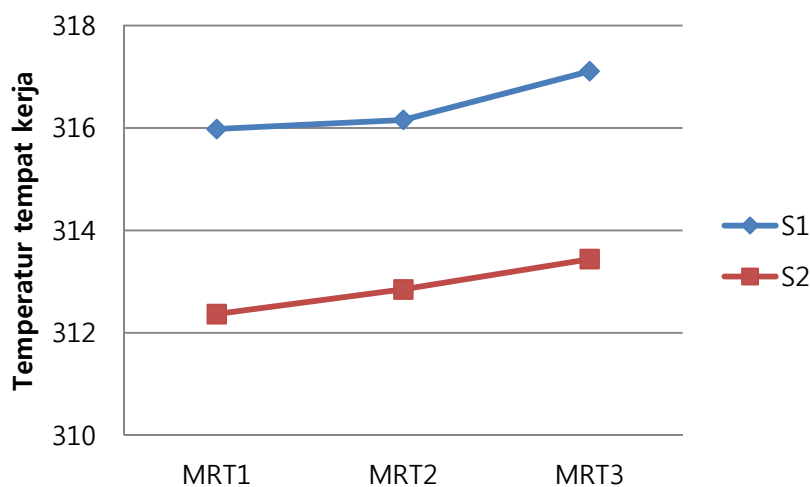
Langkah-langkah studi yang dilakukan



Gambar 3 Langkah-langkah studi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

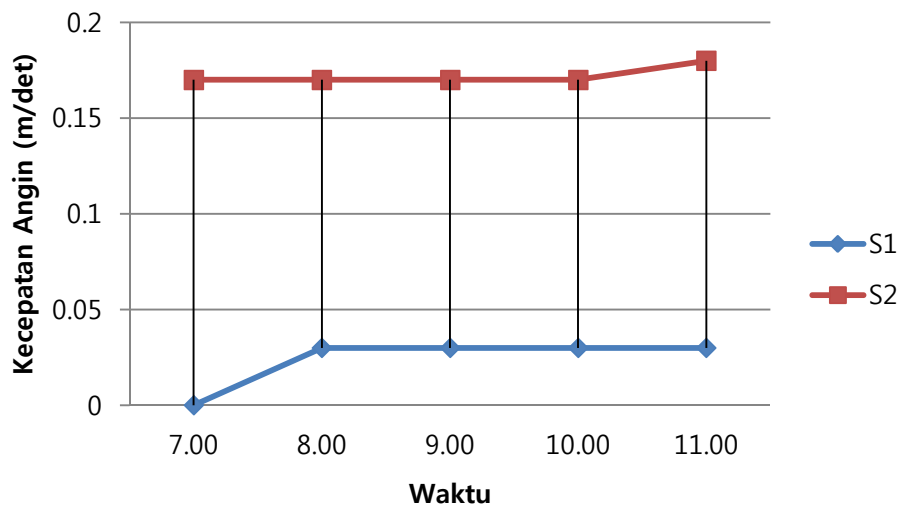
Adapun hasil dari studi yang dilakukan terhadap redesain tempat kerja perajin gamelan adalah sebagai berikut : Kondisi lingkungan sebelum redesain (S_1) dan setelah redesain (S_2) seperti temperatur, kecepatan angin, intensitas cahaya, kelembaban relatif pengukurannya dilakukan dengan pengulangan tiga kali pada hari yang berbeda, hasilnya seperti berikut :



Gambar 1 Temperatur di tempat Kerja

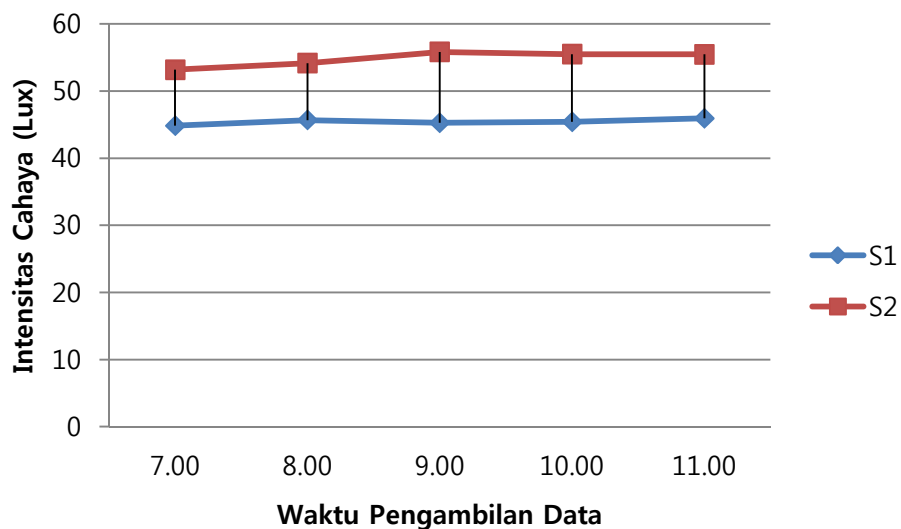
Gambar 1 menggambarkan temperatur rata-rata di tempat kerja yang diukur berdasarkan metode MRT (*mean radiant temperature*) tren mengalami penurunan yang signifikan, dimana sebelum

redesain (S_1) temperatur rata-rata di tempat kerja 316,41K dan setelah redesain temperatur rata-rata di tempat kerja 312,89 K kondisi ini terukur pada rentang waktu pukul 7.00 ÷ 11.00 Wita.



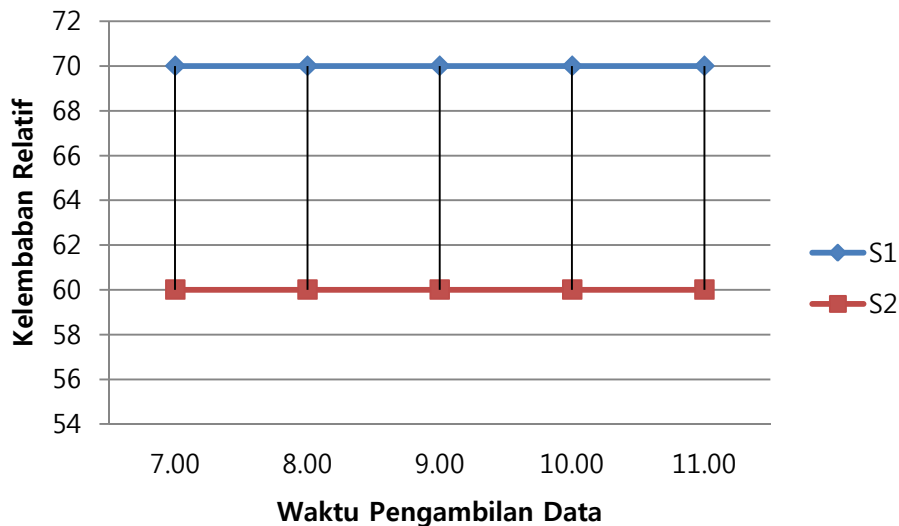
Gambar 2 Kecepatan angin di tempat kerja

Pada Gambar 2, menggambarkan perubahan kecepatan angin yang terjadi di tempat kerja setelah dilakukan redesain. Perubahan yang terjadi cukup signifikan dimana rerata kecepatan angin sebelum redesain (S_1) 0,03 m/det, setelah redesain (S_2) 0,17 m/det.



Gambar 3 Intensitas cahaya di tempat kerja

Gambar 3 menggambarkan intensitas cahaya yang terjadi di tempat kerja mengalami peningkatan yang cukup signifikan, dimana kondisi intensitas cahaya sebelum redesain rerata 45,93 Lux sedangkan setelah redesain 55,47 Lux. Intensitas cahaya setelah redesain ini cukup memudahkan perajin melihat matangnya hasil peleburan paduan prunggu



Gambar 4 Kelembaban relatif di tempat kerja

Gambar 4 menggambarkan redesain yang dilakukan pada tempat kerja peleburan paduan perunggu mengalami penurunan kelembaban relatif yang signifikan, dimana sebelum redesain (S_1) 70 % dan setelah redesain 60 %. Kondisi ini cukup memberikan kenyamanan bagi perajin dalam melakukan aktivitasnya.

Tabel 1 Karakteristik Kondisi Udara di Tempat Kerja

Karakteristik	Besaran	Satuan
Beda tekanan udara di tempat kerja dengan tekanan udara atmosfer (p)	1,31	N/m^2
Konstanta udara (R)	0,286	$Nm/kg.K$
Massa jenis udara di tempat kerja	0,002	Kg/m^3

Tabel 1 karakteristik kondisi udara di tempat kerja menggambarkan beda tekanan yang terjadi saat proses peleburan yang terjadi di tempat kerja perajin, beda tekanan ini berfungsi untuk menghitung ketinggian atap sebagai laluan gas panas yang dihasilkan pada saat peleburan. Ketinggian atap ini diharapkan memberikan manfaat pada kemampuan mengeluarkan gas panas tersebut ke lingkungan secara alamiah.

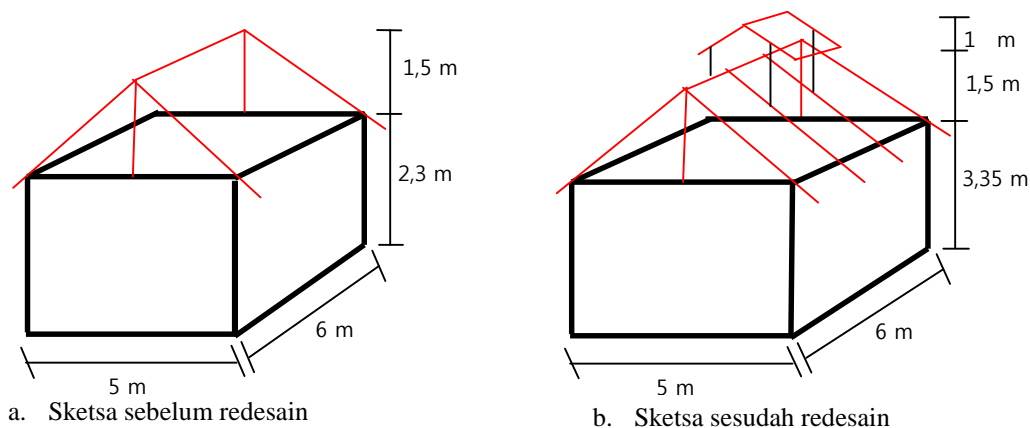
Tabel 2 Karakteristik Kondisi kerja Berdasarkan Temperatur

Karakteristik	Besaran	Satuan
Temperatur udara lingkungan	298,97	K
Temperatur di tempat kerja berdasarkan rerata MRT	316,414	K
Temperatur operasi	307,692	K
Kapasitas aliran udara panas di tempat kerja (Q)	0,114	m^3/det
Panas yang dipindahkan (H)	0,001	J/det
Panas jenis udara pada tekanan konstan (C_p)	1025	$J/kg.K$
Kecepatan angin di tempat kerja (v)	0,03	m/det

Karakteristik tempat kerja menggambarkan bentuk serta dimensi tempat kerja perajin dalam melakukan aktivitasnya. Dimensi ini didapat dari perhitungan dengan menerapkan konsep termodinamika, selanjutnya berdasarkan dimensi tersebut baru melakukan redesain tempat kerja.

Karakteristik tempat kerja sesuai dengan Tabel 5.

Karakteristik	Ukuran (m)		Luas (m ²)		Volume (m ³)	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Tempat kerja	5 x 6	5 x 6	30	30	70,5	100,5
Tinggi atap	1,5	1,5	3,75	3,75	22,5	22,5
Tinggi atap laluan gas asap		1		1,5		3
Tinggi dinding Ventilasi (celah udara sebelah selatan) 12 titik	2,35	3,5				
Ukuran pintu selatan (kebun) sebagai ventilasi di saat kerja	0,2 x 0,1	0,2 x 0,1	0,24	0,24		
Ukuran pintu utara (menghadap pekarangan rumah) sebagai ventilasi		0,36 x 0,16		0,23		
Ukuran pintu selatan (kebun) sebagai ventilasi di saat kerja	0,8 x 1,8	0,18 x 1,8	1,44	1,44		
Ukuran pintu utara (menghadap pekarangan rumah) sebagai ventilasi	0,8 x 2,35	0,8 x 2,35	1,88	1,88		



Gambar 4 Sketsa tempat kerja sebelum dan sesudah redesign

Hasil dari studi yang dilakukan ternyata perbaikan kondisi kerja yang didasarkan konsep termodinamika memberikan perubahan dimensi ruang tempat kerja. Perubahan dimensi ruang pada tempat kerja memberikan pengaruh yang signifikan terhadap faktor iklim mikro di tempat kerja perajin. Perubahan terhadap faktor iklim mikro ini ternyata memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kelembaban relatif dan kecepatan aliran udara serta intensitas cahaya [9], [10], [11]. Hasil wawancara (subjektif) rata-rata perajin di tempat penelitian mengatakan kondisi setelah dilakukan redesign memberikan rasa lebih nyaman dari sebelumnya. Paparan panas yang berlebihan mengakibatkan reaksi fisiologi mulai dari yang sangat sederhana sampai terjadinya penyakit yang sangat serius [12].

3. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari studi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa redesign yang dilakukan memberikan dampak yang positif terhadap kondisi lingkungan tempat kerja. Kondisi lingkungan tempat kerja perajin secara termodinamika menunjukkan bahwa faktor kenyamanan mengalami peningkatan. Adapun perubahan dimensi bangunan tersebut mulai dari ketinggian total bangunan meningkat 35,33 %, perubahan terhadap volume ruang tempat kerja meningkat 26,19 %, luas

ventilasi bertambah sebesar 6,08 % .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugita I.K.G., Priambadi, I .G.N dan Kusuma K,C.I 2006. Studi Eksperimental Variasi Komposisi Campuran Perunggu dan Variasi Beban Close Forging Terhadap Sifat Ketangguhan Retak Dan Kekerasan Material Perunggu Gamelan Bali. *Research Grant*. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana. TPSDP- Batch II
- [2] Surdia,T dan Chijiwa,K. 1996, *Teknik Pengecoran Logam*, edisi ketujuh,Pradnya Pramita, Jakarta.
- [3] Grandjean, E., Kroemer, 2000. *Fitting the Task to The Human*. A textbook of Occupational Ergonomic.5th edition. Piladelphie : Taylor & Francis.
- [4] Balaras. 2007. *HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms*. Energy and Buildings
- [5] Olesen, B. W. 2004. International standars for the indoor environment. *Indoor Air*.
- [6] ASHRAE Standard 55P. 2003. *Thermal Environmental Conditons for Human Occupancy*.
- [7] Satwiko, P. 2004. *Fisika Bangunan 1*. Edisi 1. Yogyakarta; ANDI.
- [8] Yunus, A. C and Michael A. B. 2006. *Thermodynamics. An Engineering Approach*. Fifth edition in SI units. The Mc Graw-Hill companies. Printed in Singapore.
- [9] Cengel, Y.A and Boles, M. 1989. *Thermodinamics an Engineering Approach*. Mc.Graw-Hill Book Company, Singapore.
- [10] Kuehn, T. H., Ramsey, J. W. and Threlkeld, J. L. (1998) *Thermal Environmental Engineering*. 3rd edition. Upper Saddle River: Prentice-Hall Inc.
- [11] Meng, Q., Li, Q., Zhao, L., Chen, Z., Chen, Y. and Wang, S. (2009) A case study of thermal environment in airport terminal building under natural ventilation. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, vol. 8, pp. 221-227.
- [12] Bernard, T. E. (1996). *Occupational Heat Stress*. Marcel Dekker Inc. USA.