THE HEAT TRANSFER FLOW ANALYSIS OF STANDARD PLATE STELL OF JIS G3106 GRADE SM20B ON PRE-HEATING JOINT WEB PLATE I-GIRDER PROCESS CASE STUDY IN PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA, BOGOR REGENCY, WEST JAVA PROVINCE

Angky Puspawan[*], Mirza Aditya Pangestu, Agus Suandi, A. Sofwan F.A.
Mechanical Engineering Program, Faculty of Engineering,
Universitas Bengkulu, Bengkulu

W.R. Supratman Street, Kandang Limun, City of Bengkulu, Bengkulu Province, 38371A
[*]) Email: angkypuspawan@yahoo.com

ABSTRACT

PT. Bukaka Teknik Utama in working on government projects, namely the construction of the Jakarta-Cikampek elevated toll road, the focus of fabrication of steel plates. The steel plate fabrication process, there is a pre-heating process for two steel plates connected by SAW welding with the Joint Web Plate process. During the pre-heating process, conduction heat transfer takes place from the PWHT ceramic to the steel plate. To complete the calculation of the unstable conduction heat transfer two equations are used, namely the equation q transient conduction and q the capacity of the object. Both equations are substituted to get the value of time needed to heat a steel plate from 40^{o}C to 99^{o}C. After calculation and analysis, it can be concluded that the heating time of JIS G3106 Grade SM520B steel plate is directly proportional to the desired temperature. Where the higher the heating temperature is desired, the longer the heating time required to reach the heating temperature. The calculation results obtained the smallest heating time value is 28.695193 seconds at a temperature of 40^{o}C and the largest heating time value is 790.858579 seconds at a temperature of 99^{o}C.

Keywords: *Pre-heating, heat transfer rate, conduction, transient, PWHT*

I. PENDAHULUAN

Dalam proses fabrikasi plat baja, terdapat suatu proses *pre-heating* terhadap dua buah plat baja *Japanese Industrial Standards (JIS) G3106 Grade SM520B* yang disambung dengan pengelasan *Submerge Arc Welding (SAW)* yang disebut dengan proses *Joint Web Plate*. Alat yang digunakan dalam melakukan *pre-heating* ini adalah *Pre-Weld Heat Treatment (PWHT)*, dimana alat ini menggunakan media keramik untuk menghantarkan panasnya ke plat baja dan terdapat 6 termokopel digital untuk mengukur temperatur plat baja tersebut di masing-masing titik dimana termokopel dipasang. Pada saat proses *pre-heating* ini berlangsung, terjadilah perpindahan panas konduksi dari keramik *PWHT* ke plat baja[5].

Perpindahan panas konduksi adalah proses perpindahan panas terjadi jika panas mengalir dari tempat temperaturnya tinggi ke tempat temperaturnya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap (diam)[4]. Proses *pre-heating* ini dilakukan dengan temperatur tertentu sesuai dengan ketebalan plat baja yang di las. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan terhadap waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan plat baja sehingga dicapai temperatur yang diinginkan pada proses *pre-heating*.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Perpindahan Panas

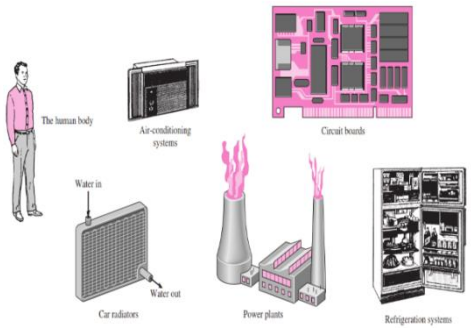
Dari ilmu termodinamika, dipelajari bahwa energi dapat ditransfer oleh interaksi antara sistem dan sekitarnya. Interaksi ini termasuk transfer energi dengan panas dan kerja, serta transfer energi yang terkait dengan aliran massa. Termodinamika berhubungan dengan keadaan akhir dari proses di mana interaksi terjadi, dan juga dengan jumlah bersih transfer energi oleh panas dan kerja untuk proses[2].

Panas merupakan bentuk energi yang dapat ditransfer dari satu sistem ke sistem lain sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Ilmu yang berkaitan dengan penentuan tingkat transfer energi tersebut adalah perpindahan panas[1]. Kebutuhan dasar untuk perpindahan panas adalah adanya perbedaan temperatur. Tidak ada transfer panas bersih antara dua medium yang berada pada temperatur yang sama. Perbedaan temperatur adalah kekuatan pendorong untuk perpindahan panas, sama seperti perbedaan tegangan adalah kekuatan pendorong untuk

aliran arus listrik dan perbedaan tekanan adalah kekuatan pendorong untuk aliran fluida. Tingkat perpindahan panas dalam arah tertentu tergantung pada besarnya gradien (perbedaan temperatur per satuan panjang atau laju perubahan temperatur) ke arah itu. Semakin besar gradien, semakin tinggi tingkat perpindahan panas.

2.1.1 Aplikasi Perpindahan Panas

Perpindahan panas umumnya ditemui dalam sistem rekayasa dan aspek lain dari kehidupan. Tubuh manusia secara konstan menolak panas ke sekelilingnya, dan kenyamanan manusia terkait erat dengan tingkat penolakan panas ini. Banyak peralatan rumah tangga biasa dirancang, secara keseluruhan atau sebagian, dengan menggunakan prinsip-prinsip perpindahan panas. Contoh sistem pemanas dan pendingin udara, kulkas dan *freezer*, pemanas air, setrika, dan komputer. Rumah hemat energi dirancang atas dasar meminimalkan kehilangan panas di musim dingin dan peningkatan panas di musim panas. Perpindahan panas memainkan peran utama dalam desain banyak perangkat lain, seperti radiator mobil, kolektor surya, berbagai komponen pembangkit listrik, dan bahkan pesawat ruang angkasa. Ketebalan isolasi optimal di dinding dan atap rumah, pada pipa air panas atau uap, atau pada pemanas air sekali lagi ditentukan berdasarkan analisis perpindahan panas dengan pertimbangan ekonomi. Aplikasi perpindahan panas dapat dilihat pada Gambar 1[1].



Gambar 1. Aplikasi Perpindahan Panas[1,2,3,4].

2.1.2 Mekanisme Perpindahan Panas

Secara umum ilmu perpindahan panas terbagi atas tiga mekanisme dasar yaitu:

1. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas yang terjadi dari benda bertemperatur tinggi ke benda bertemperatur rendah pada medium tetap[1,2,3,4,5].

$$Q_{cond} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \qquad (1)$$

dimana:

q = Laju perpindahan panas (W)
K = Konduktivitas termal bahan (W/m·°C)
A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)
dT = Perbedaan temperatur melewati bahan (°C)
dx = Tebal bahan (m)
$-$ = Tanda negatif menunjukan arah perpindahan temperatur tinggi ke temperatur rendah

2. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas terjadi antara permukaan benda padat dan fluida (cair atau gas) yang bergerak disekelilingnya[1,2,3,4,5].

$$q_{conv} = h \cdot A \cdot (T_\infty - T_w) \qquad (2)$$

dimana:

q_{conv} = Laju perpindahan panas konveksi (W)
h = Koefisien perpindahan panas ($W/m^2 \cdot °C$)
A = Luas pnampang perpindahan panas (m^2)
T_∞ = Temperatur sekeliling (°C)
T_w = Temperatur dinding (°C)

3. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas oleh perjalanan foton yang tak terorganisasi. Setiap benda terus menerus memancarkan foton secara serampangan didalam arah, waktu, dan energi neto yang dipindahkan oleh foton tersebut, diperhitungkan sebagai panas[1,2,3,4,6].

$$q = \alpha \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \qquad (3)$$

dimana:

q = Laju perpindahan panas (W)
α = Konstanta *Josef Stefan-Ludwig Boltzmann* = $5{,}67 \times 10^{-8}\ W/m^2 \cdot K^4$
A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)
T_1, T_2 = Temperatur permukaan titik 1 dan titik 2 (°C)

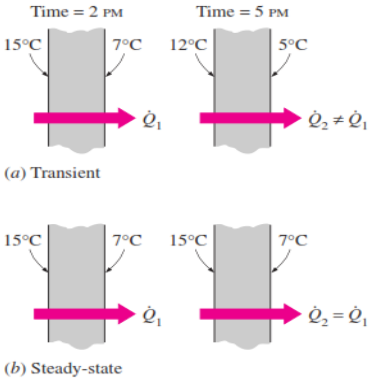
2.2 Perpindahan Konduksi

Ketika gradien temperatur ada dalam media stasioner, berupa padatan atau fluida, konduksi merupakan istilah untuk merujuk pada transfer panas yang terjadi di seluruh medium itu. Mekanisme fisik konduksi melibatkan konsep-konsep aktivitas atom dan molekuler, yang menopang transfer energi dari partikel-partikel yang lebih energik ke partikel yang kurang energik karena interaksi antar partikel[1,2,3,4].

2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi *Steady State* vs *Transient*

Masalah perpindahan panas dapat diklasifikasikan sebagai stabil (*steady state*)

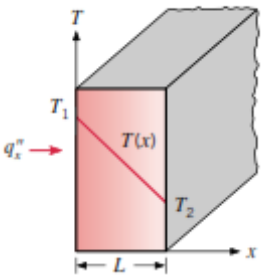
atau sementara (*transient* atau *unsteady*). Istilah *steady state* menyiratkan tidak ada perubahan dengan waktu pada setiap titik di dalam medium, sementara *transient* menyiratkan variasi dengan ketergantungan terhadap waktu. Oleh karena itu, temperatur atau fluks panas tetap tidak berubah dengan waktu selama perpindahan panas yang stabil melalui suatu medium di lokasi manapun, walaupun kedua kuantitas dapat bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Perpindahan panas konduksi *steady state vs transient* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Steady State vs Transient[1,2,3].

A. *Steady State* Satu Dimensi

Untuk konduksi panas, persamaan laju sebagai hukum *Fourier*. Untuk bidang dinding satu dimensi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perpindahan Panas Konduksi 1D[1,2,3].

memiliki distribusi temperatur T(x), persamaan laju dinyatakan:

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \qquad (4)$$

Konstanta proporsionalitas k adalah properti transportasi yang dikenal sebagai konduktivitas termal bahan (W/m·°C), dan merupakan karakteristik dari bahan dinding. Tanda minus adalah konsekuensi dari fakta bahwa panas ditransfer ke arah penurunan temperatur.

Ketika konduktivitas termal dianggap konstan, ketebalan dinding adalah dx , dan T_1 dan T_2 adalah temperatur dinding. Jika konduktivitas termal bervariasi dengan temperatur sesuai dengan beberapa hubungan linear

$k = k_0 (1 + \beta T)$

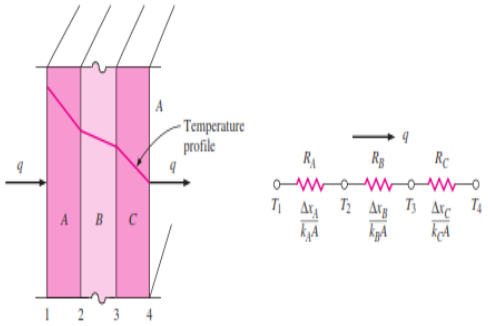
persamaan yang dihasilkan untuk aliran panas adalah:

$$q = -\frac{k_0 A}{dx}\left[(T_2 - T_1) + \frac{\beta}{2}(T_2^2 - T_1^2)\right] \qquad (5)$$

Jika lebih dari satu material, seperti pada dinding *multilayer* yang ditunjukkan pada Gambar 4, analisis akan berjalan sebagai berikut: gradien temperatur pada ketiga material ditunjukkan, dan aliran panas dapat ditulis.

$$q = -k_A A \frac{T_2 - T_1}{dx} = -k_B A \frac{T_3 - T_2}{dx} = -k_C A \frac{T_4 - T_3}{dx} \qquad (6)$$

Perhatikan bahwa aliran panas harus sama melalui semua bagian[3].



Gambar 4. Perpindahan Panas 1D Melalui Dinding Komposit dan Analog Listriknya[1,2,3].

a. Sistem Radial

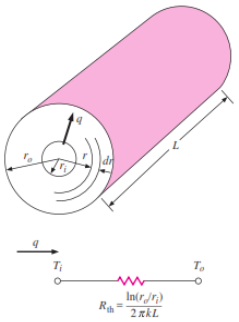
1. Silinder

Jika radius dalam dari silinder panjang r_i, radius luar r_o, panjang silinder L, seperti pada Gambar 5. Untuk sebuah silinder dengan Panjang sangat besar dibandingkan dengan diameter, dapat diasumsikan bahwa panas hanya mengalir dalam arah radial, sehingga satu-satunya koordinat ruang yang diperlukan untuk menentukan sistem adalah r[3]. Hukum *Fourier* digunakan dengan memasukkan relasi area yang tepat. Area untuk aliran panas dalam sistem silinder adalah:

$$A_r = 2\pi r L \qquad (7)$$

Sehingga hukum *Fourier* menjadi,

$$q_r = -2\pi k r L \frac{dT}{dr} \qquad (8)$$



Gambar 5. Perpindahan Panas 1D Mengalir Melalui Silinder Berongga dan Analog Listrik[1,2,3].

2. Bola

Sistem bola diperlakukan sebagai satu-dimensi ketika temperaturnya hanyalah fungsi jari-jari saja. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$q = \frac{4\pi k(Ti-To)}{1/r_i - 1/r_o} \quad (9)$$

b. *Steady State* Beberapa Dimensi

Untuk kondisi *steady state with no heat generation*, berlaku persamaan *Laplace*:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (10)$$

dengan asumsi konduktivitas termal konstan. Solusi persamaan ini diperoleh dengan teknik analitis, numerik, atau grafis. Tujuan analisis perpindahan panas untuk memprediksi aliran panas atau temperatur dihasilkan dari aliran panas tertentu. Solusi Persamaan (3-1) memberikan temperatur dalam ruang dua dimensi sebagai fungsi dari dua koordinat ruang independen x dan y. Kemudian aliran panas dalam arah x dan y dihitung dari persamaan *Fourier*

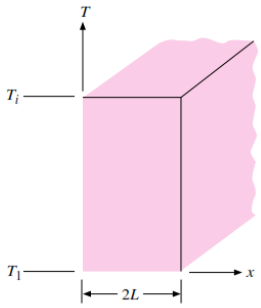
$$q_x = - k \cdot A_x \cdot \frac{dT}{dx} \quad (11)$$

$$q_y = - k \cdot A_y \cdot \frac{dT}{dy} \quad (12)$$

B. *Transient* (*Unsteady State*)

Dalam pemanasan *transient* atau proses pendinginan terjadi dalam periode sementara sebelum kesetimbangan terbentuk, analisis harus dilakukan. dimodifikasi untuk memperhitungkan perubahan energi internal benda terhadap waktu, dan kondisi batas disesuaikan dengan situasi fisik yang jelas dalam masalah transfer panas keadaan tidak stabil. Analisis perpindahan panas tidak stabil jelas memiliki kepentingan praktis signifikan karena banyaknya proses pemanasan dan pendinginan harus dihitung dalam aplikasi industri. Menganalisis masalah perpindahan panas *transient*, diselesaikan dengan persamaan konduksi panas umum dengan metode pemisahan variabel, mirip dengan perlakuan analitis yang digunakan untuk masalah dua dimensi *steady state*. Pertimbangkan lempeng tebal 2L tak terhingga yang ditunjukkan pada Gambar 6. Awalnya plat berada pada temperatur seragam T, dan pada waktu nol permukaan tiba-tiba diturunkan ke T = T_1. Persamaan diferensialnya adalah

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial \tau} \quad (13)$$



Gambar 6. Plat Tak Berhingga Mengalami Pendinginan Permukaan Mendadak[1,2,3].

Untuk menghitung laju perpindahan panas konduksi *transient*-nya, dapat dihitung menggunakan turunan dari persamaan $q_{konduksi} = q_{kapasitas\ benda}$, sebagai berikut:

$$q = C \quad (14)$$

$$q_{konduksi} = q_{kapasitas\ benda} \quad (15)$$

$$k.A.\frac{dT}{dx} = -C_p.\rho.V.\frac{dT}{d\tau} \quad (16)$$

dimana

V adalah volume dari plat baja yang digunakan,

$$k.A.(T_{akhir} - T_{awal}) = -C_p.\rho.V.(T_{akhir} - T_{diinginkan}).\frac{1}{\tau} \quad (17)$$

$$\frac{k.A.\tau}{C_p.\rho.V} = \frac{T_{akhir}-T_{diinginkan}}{T_{akhir}-T_{awal}} \quad (18)$$

$$\left(\frac{k.A}{C_p.\rho.V}\right)\cdot\tau = \frac{T_{akhir}-T_{diinginkan}}{T_{akhir}-T_{awal}} \quad (19)$$

$$\frac{T_{akhir}-T_{awal}}{T_{akhir}-T_{diinginkan}} = e^{\left(\frac{k.A}{C_p.\rho.V}\right)\cdot\tau} \quad (20)$$

2.3 Kapasitas Benda

Kapasitas kalor atau kapasitas panas (biasanya dilambangkan dengan kapital *C*, sering dengan subskripsi) adalah besaran terukur menggambarkan banyaknya kalor diperlukan untuk menaikkan temperatur suatu zat (benda) sebesar jumlah tertentu (misalnya 1^0C). Kapasitas panas yang ada sebagian besar sistem tidaklah konstan, bergantung pada variasi kondisi dari sistem termodinamika. Kapasitas panas bergantung

pada temperatur itu sendiri, dan juga tekanan dan volume dari sistem. Berbagai cara mengukur kapasitas panas dapat dilakukan, secara umum dilakukan pada kondisi tekanan konstan atau volume konstan.

Simbol kapasitas jenisnya disesuaikan, C_p untuk kapasitas jenis pada tekanan konstan, dan C_V untuk kapasitas jenis pada volume konstan. Gas dan cairan umumnya diukur pada volume konstan. Pengukuran pada tekanan konstan menghasilkan nilai lebih besar karena nilai tekanan konstan mencakup energi panas digunakan melakukan kerja mengembangkan volume zat ketika temperatur ditingkatkan.

$$Q_{kapasitasbenda} = -C_p \cdot \rho \cdot V \cdot \frac{dT}{d\tau} \qquad (21)$$

dimana, V adalah volume benda. Kondisi awal ditulis,
$T = T_0$ pada $\tau = 0$

2.4 Konduktivitas Termal

Konduktivitas panas diartikan sebagai kemampuan suatu materi (zat) untuk menghantarkan panas, merupakan salah satu perameter yang diperlukan dalam sifat karakteristik suatu material[7]. Dalam pengerjaan, diperlukan pemasukan atau pengeluaran ka1or, untuk mencapai dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung.

Kondisi pertama yaitu mencapai keadaan yang dibutuhkan untuk pengerjaan, bila pengerjaan harus berlangsung pada temperatur tertentu dan temperatur ini harus dicapai dengan ja1an pemasukan atau pengeluaran ka1or. Kondisi kedua yaitu mempertahankan keadaan yang dibutuhkan untuk operasi proses, terdapat pada pengerjaan eksoterm dan endoterm.

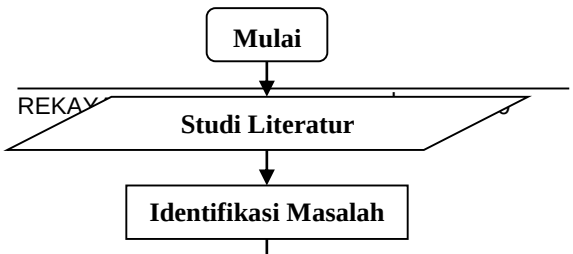
Disamping perubahan secara kimia, keadaan ini dapat juga merupakan pengerjaan secara a1ami. Pada pengembunan dan kristalisasi ka1or harus dikeluarkan. Pada penguapan dan umumnya pada pelarutan, ka1or harus dimasukkan.

Konduktivitas termal suatu bahan dapat menyatakan sifat dari bahan tersebut. Bahan dengan sifat konduktivitas termal yang besar mempunyai sifat penghantar panas yang besar pula. Sebaliknya, bila harga konduktivitasnya kecil maka, bahan itu kurang baik sebagai penghantar panas tetapi merupakan penyekat yang baik[8,9].

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram penelitian ini seperti Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir

3.2 Data

Data penelitian dibagi menjadi dua tipe, yaitu:

3.2.1 Data Spesifikasi Alat, Bahan & *Property*

Data spesifikasi alat, bahan & *Property* pada tabel 3.1, 3.2, dan 3.3.

Alat *pre-heating* seperti gambar 8.

Tabel 1. Data Spesifikasi Alat *Pre-heating (Globe Heat Treatment Service Ltd)*[5]

Parameter	Besaran
Power	70 kVA (70 kW)
Channel	6
Primary Input Voltage	380/415/440 V
Primary Output Voltage	65 V
Auxiliary Supply Voltage	3 x 110 V

Gambar 8. Alat *Pre-heating*

Dimensi alat untuk *joint web* adalah plat baja *JIS G3106 Grade SM520B* dengan tebal 30-40 mm, seperti pada Gambar 9.

Gambar 9. Plat Baja *JIS G3106 Grade SM520B* tebal 30-40 mm

Tabel 2. Data Spesifikasi Bahan (Komposisi Kimia Plat Baja *JIS G3106 Grade SM520B*)[5,10]

Parameter	Berat (%)
Fe	97,5799-99,9999
Mn	0,0-1,600
Si	0,0-0,550
C	0,0-0,200
S	0,0-0035
P	0,0-0,035

Tabel 3. Data Sifat Bahan (*Property* Plat Baja *JIS G3106 Grade SM520B*)[1,2,3,5]

Parameter	Besaran
k	58 W/m·ºC
ρ	7,823 kg/m^3
C_p	0,457 kJ/kg·ºC (457 J/kg·ºC)

3.2.2 Data Lapangan (Aktual)

Data lapangan (aktual) pada tabel 4.

Tabel 4. Data Lapangan (Aktual)[5]

Parameter	Besaran
T_{awal}	30 ºC
T_{akhir}	100 ºC
$Panjang_{plat\ baja}$	12020 mm (12,02 m)
$Lebar_{plat\ baja}$	3020 mm (3,02 m)
$Tinggi_{plat\ baja}$	30-40 mm (0,03-0,04 m)
$Dimensi_{plat\ baja\ (PxLxT)}$	1.089.012.000 mm^3 (1.089 m^3)- (1.452 m^3)
Area $(A)_{plat\ baja\ (PxT)}$	(0,3606 m^2)-(0,4808 m^2)

- Temperatur awal pemanasan plat baja 30 ºC.
- Temperatur pemanasan (temperatur diinginkan) plat baja selama proses, bervariasi 40 ºC, 50 ºC, 60 ºC, 70 ºC, 80 ºC, 90 ºC dan 99 ºC.
- Temperatur akhir pemanasan plat baja 100 ºC.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Perhitungan Parameter Aktual

Perhitungan ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur pemanasan yaitu 40℃, 50℃, 60℃, 70℃, 80℃, 90℃, dan 99℃ sehingga dapat diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur yang diinginkan pada saat pemanasan dengan persamaan:

$$\frac{T_{akhir}-T_{awal}}{T_{akhir}-T_{diinginkan}} = e^{\left(\frac{k.A}{C_p.\rho.V}\right)\tau}$$

Untuk kondisi temperatur diinginkan 40℃, dengan area 0,3606 m^2,

$$\frac{100\,^{\circ}C-30\,^{\circ}C}{100\,^{\circ}C-40\,^{\circ}C} = e^{\left(\frac{58\,\frac{W}{m.^{\circ}C}\,x\,0{,}3606\,m^2}{457\,\frac{J}{kg^{\circ}C}\,x7{,}823\,\frac{kg}{m^3}\,x\,1{,}0890\,m^3}\right)\tau}$$

$$\frac{100\,^{\circ}C-30\,^{\circ}C}{100\,^{\circ}C-40\,^{\circ}C} = e^{\left(\frac{58\,\frac{J/s}{m.^{\circ}C}\,x\,0{,}3606\,m^2}{457\,\frac{J}{kg^{\circ}C}\,x7{,}823\,\frac{kg}{m^3}\,x\,1{,}0890\,m^3}\right)\tau}$$

$$\frac{70\,^{\circ}C}{60\,^{\circ}C} = e^{\left(\frac{20{,}9148}{3893{,}295879}\right)\tau}$$

$$\frac{7\,^{\circ}C}{6\,^{\circ}C} = e^{0{,}00537200374\tau}$$

$$0{,}154150679 = 0{,}00537200374\tau$$

$$\tau = 28{,}695193\ s$$

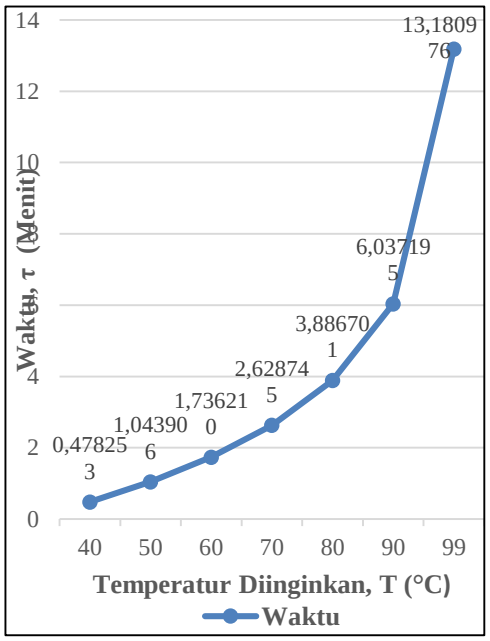
maka, waktu dibutuhkan adalah 28,695193 s. Untuk perhitungan dengan temperatur pemanasan plat 40℃, 50℃, 60℃, 70℃, 80℃, 90℃, dan 99℃, nilai waktu yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Waktu Pemanasan pada Temperatur Pemanasan Diinginkan

$T_{emperatur\ Pemanasan}$ $T_{diinginkan}$	Waktu Pemanasan τ		
(ºC)	***Sekon (s)***	***Menit (mnt)***	***Jam (hr)***
40	28,695193	0,478725	0,007970
50	62,634401	1,043906	0,017398
60	104,172635	1,736210	0,028936
70	157,724733	2,628745	0,043812
80	233,202118	3,886701	0,064778
90	362,231719	6,037195	0,100619
99	790,858579	13,180976	0,219682

4.2 Pembahasan

Dibawah ini merupakan Gambar 10 grafik hubungan temperatur pemanasan yang diinginkan terhadap waktu pemanasan yang dibutuhkan. Hal ini untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan dalam pemanasan untuk mencapai temperatur yang diinginkan pada plat baja *JIS G3106 Grade SM520B*. Titik pengukuran waktu adalah pada temperatur pemanasan plat 40℃, 50℃, 60℃, 70℃, 80℃, 90℃, dan 99℃ dengan temperatur awalnya 30℃.



Gambar 10. Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan Diinginkan Terhadap Waktu Pemanasan Dibutuhkan

Proses *Joint Web Plate* merupakan salah satu proses dalam pembuatan *I-Girder* di PT. Bukaka Teknik Utama yang dirancang untuk pembuatan jalan layang tol. Proses ini adalah menggabungkan dua buah plat baja *JIS G3106 Grade SM520B* (jenis baja karbon rendah 0,2 %C) dengan menggunakan pengelasan *Submerge Arc Welding (SAW)*, dimana sebelum dilakukan pengelasan dilakukan *Pre-heating* terlebih dahulu. *Pre-heating* dilakukan menggunakan alat yang disebut *PWHT*. Proses pemanasan dilakukan dengan cara menyusun keramik khusus yang terhubung dengan *PWHT* untuk menyalurkan panas di bagian bawah kedua plat yang akan dilas, lalu dibagian atas plat dipasang termokopel yang juga terhubung dengan *PWHT* sebanyak 6 titik untuk mengamati temperatur plat baja saat dipanaskan. Temperatur awal plat adalah 30°C sedangkan temperatur akhirnya adalah 100°C. Perhitungan dilakukan untuk mencari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur tertentu yaitu 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 99°C.

Dari data-data yang telah didapatkan saat proses pengamatan, serta data-data pendukung yang didapatkan dari tabel spesifikasi alat, tabel spesifikasi bahan dan tabel *property* plat baja maka dapat dihitung lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur yang diinginkan saat proses *pre-heating* berlangsung. Perhitungan dilakukan menggunakan turunan persamaan laju perpindahan panas konduksi *transient*. Nilai konduktivitas termal (*k*) untuk baja karbon rendah yaitu 58 $\frac{W}{m℃}$. Nilai waktu terbesar yaitu untuk temperatur diinginkannya 99°C sebesar 790,858579 sekon, sedangkan nilai waktu terkecil yaitu untuk temperatur diinginkannya 40°C sebesar 28,695193 sekon.

Berdasarkan grafik hubungan temperatur pemanasan yang diinginkan terhadap waktu yang dibutuhkan dalam pemanasan, dapat disimpulkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan plat baja *JIS G3106 Grade SM520B* berbanding lurus dengan temperatur yang diinginkan. Semakin tinggi nilai temperatur yang diinginkan maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur tersebut. Hal ini dapat disebabkan beberapa hal, salah satu nya adalah kemampuan plat baja *JIS G3106 Grade SM520B* dalam menghantarkan panas (konduktivitas termal material plat baja) dan juga dapat disebabkan oleh *range* temperatur yang diinginkan dengan temperatur awal yang semakin jauh. Artinya bahwa distribusi temperatur di dalam plat baja sangat bergantung pada konduktivitas termal *(thermal conductivity*) bahan plat baja itu dan kondisi perpindahan panas dari tepi/muka keramik ke plat baja. Semakin kecil ukuran benda makin realistik pula penggadaian tentang distribusi temperaturnya.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan, perhitungan dan analisa dapat diambil kesimpulan bahwa nilai waktu pemanasan dibutuhkan terbesar untuk temperatur pemanasan (temperatur diinginkan) 99°C yaitu sebesar 790,858579 sekon, sedangkan nilai waktu pemanasan dibutuhkan terkecil untuk temperatur pemanasan (temperatur diinginkan) 40°C yaitu sebesar 28,695193 sekon.

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1]. Cengel, Yunus A. Cengel, "*Heat Transfer: A Practical Approach*", The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 2002.

[2]. Shapiro, Moran & Dewitt, Munson, "*Introduction to Thermal Systems Engineering Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer*", John Wiley & Sons Inc., New York, 2003.

[3]. Holman, J.P,. "*Heat Transfer Tenth Edition*", The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 2010.

[4]. Buchori, Luqman, "*Perpindahan Panas (Heat Transfer)*", Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.

[5].*http://www.bukaka.com/web/about/brief-profile-milestones.html* (diakses online 19 Agustus 2018).

[6]. Kamiran, Vimala, "*Simulasi Perpindahan Panas pada Lapisan Tengah Plat Menggunakan Metode Elemen Hingga*", Jurnal Sain dan Seni ITS, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.

[7]. Polban, **Digilib,** Buku Ajar Perpindahan Panas 130620, Indonesia, 2007.

[8]. Sucipto, Priangkoso, Tabah. & Darmanto, "*Analisa Konduktivitas Termal Baja ST-37 dan Kuningan*", Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. Semarang, 2013.

[9]. Wuryanti, Sri. & Iriani, Purwinda, "*Investigasi Eksperimental Konduktivitas Panas pada Berbagai Logam*", Departemen Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung. Bandung, 2018.

[10].https*://chemdemos.uoregon.edu/demos/ Which-metal-heats-up-fastest-Aluminum Copper-or-Silver* (diakses online 19 Agustus 2018).