

OPTIMASI SISTEM PENDINGIN WIRE DRAWING DIES PADA PROSES PRODUKSI KAWAT DI PT SURABAYA WIRE

Antonio Hazman¹⁾, Ekadewi Anggraini Handoyo²⁾
Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}
Phone: +62-31-8439040, Fax: +62-31-8417658^{1,2)}
E-mail : anthony_regulus@yahoo.com¹⁾, ekadewi@petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Keausan dies penarikan kawat dilihat berdasarkan pelebaran diegap yang terjadi. Banyak hal yang mempengaruhi keausan dies salah satunya adalah faktor suhu. Oleh karena itu sistem pendinginan dies merupakan hal yang krusial untuk memperlambat keausan dies.

PT Surabaya Wire menggunakan air yang didinginkan oleh cooling tower untuk mendinginkan dies. Cooling tower yang ada sekarang diketahui mampu mendinginkan air hingga suhu 35°C dengan efektifitas 33.8% pada putaran pompa 900 RPM, selain itu diketahui juga debit air yang masuk ke diebox adalah 0.125 L/s dengan suhu air 35°C. Suhu diegap dapat dicari melalui simulasi ANSYS Workbench dan ANSYS Fluent, setelah dibuat mesh dan ditentukan domain serta melakukan mesh test, simulasi dijalankan dan divalidasi dengan suhu permukaan die yang diukur dengan termokopel. Diketahui suhu diegap saat ini adalah 159.3°C, nilai ini masih jauh dari rekomendasi ASM International yaitu 137°C, sehingga perlu dilakukan optimasi. Optimasi dilakukan melalui bantuan simulasi ANSYS Fluent dengan mengubah besaran suhu dan/atau debit air yang masuk ke diebox. Berdasarkan penelitian ini, direkomendasikan agar geometri diebox diubah menjadi bentuk silindris agar perpindahan panasnya lebih baik kemudian dilakukan juga instalasi cooling tower baru karena harganya lebih murah daripada chiller namun dapat memenuhi kriteria pendinginan yang diminta.

Kata kunci: Wire drawing, drawing dies, sistem pendinginan, jurnal mechanova, teknik mesin.

1. Pendahuluan

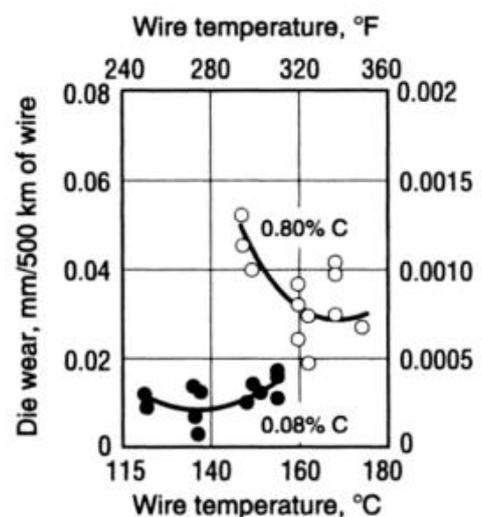
Salah satu industri yang dapat menjawab kebutuhan akan manufaktur kawat adalah PT Surabaya Wire yang terletak di Driyorejo, Gresik. Proses pembuatan kawat di PT Surabaya Wire dimulai dengan menarik *wire rod* atau dikenal dengan proses *wire drawing*, kemudian dilewatkan melalui *dies-dies*. Ketika kawat melewati *dies*, maka diameter kawat akan mengecil. Proses ini dilakukan hingga kawat menuju diameter yang diinginkan^[1].

Permasalahan yang timbul adalah ketika kawat dilewatkan menuju *dies* ini dan ukurannya mengecil, timbul gesekan antara kawat dengan *dies*, sehingga menimbulkan panas. Panas yang berlebih akan membuat *dies* cepat rusak^{[2],[3]}, sehingga diperlukan sistem pendingin untuk menjaga suhu *dies* agar tidak terjadi *overheating*.

Davis (1995) menyatakan bahwa untuk kawat yang memiliki kandungan karbon mendekati 0.08% seperti yang dipakai di PT Surabaya Wire saat ini, haruslah memiliki temperatur *diegap* sebesar 137°C untuk menghasilkan perbesaran diameter *diegap* yang paling kecil tiap penarikan 500 km kawat, hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Hingga saat ini, pihak pabrik PT Surabaya Wire masih belum mengetahui tingkat keausan *dies* yang mereka alami, dan juga masih belum mengetahui seberapa besar suhu yang terjadi di *diegap*, dan seberapa baik performa sistem pendingin mereka dalam mendinginkan *dies*.

Sehingga penelitian ini dibuat untuk menjawab beberapa tujuan yaitu untuk mengetahui performa pendingin *dies* penarikan kawat di unit 1 serta memberikan usulan optimasi sistem pendinginan kepada pihak pabrik agar sistem pendinginan mampu mendinginkan *diegap* hingga ke suhu yang direkomendasikan Davis (1995).

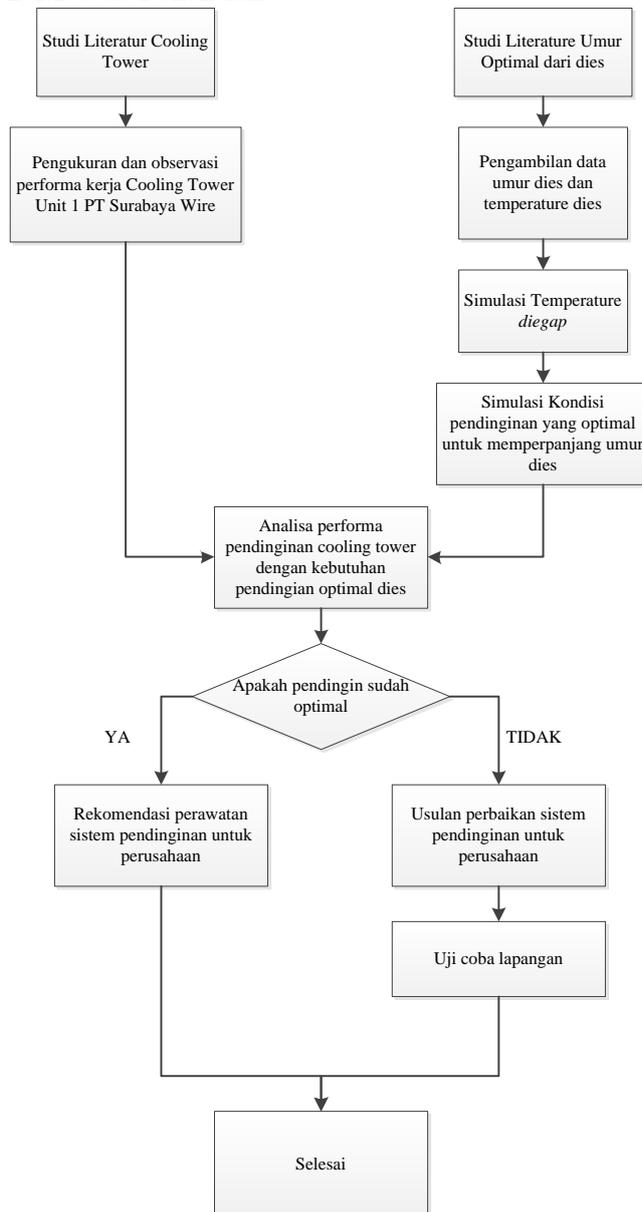


Gambar 1 Grafik pengaruh temperatur kawat (sama dengan *diegap*) dengan pelebaran diameter *diegap* per penarikan kawat 500 km

Davis (1995) memaparkan bahwa dalam penelitiannya, digunakan krayon temperatur untuk menunjukkan

temperatur yang dialami kawat saat bergesekan dengan permukaan *dies*. Namun pada kesempatan ini, akan digunakan bantuan simulasi ANSYS Workbench dan ANSYS Fluent untuk mengetahui besarnya suhu temperature *diegap*. Hal ini dilakukan tanpa penggunaan krayon temperatur dengan alasan akan mengganggu kegiatan produksi pabrik.

2. Metode Penelitian



Gambar 2 Skema Metodologi Penelitian

2.1 Pengukuran performa kerja sistem pendingin *dies* yang telah ada.

Tahap ini dimulai dengan mempelajari *layout cooling tower* unit 1 dari PT Surabaya Wire. *Layout* yang dipelajari seperti letak kolam pendingin dan kolam panas, posisi *suction pipe*, posisi pompa dan *cooling tower* itu sendiri. Selanjutnya diambil data parameter-parameter kerja dari *cooling tower* seperti:

- Putaran pompa hisap ke *cooling tower*.
- Suhu air yang akan masuk ke *cooling tower* dan ke luar dari *cooling tower*. Suhu air yang akan masuk ke *cooling tower* adalah sama dengan suhu air di kolam panas.
- Suhu udara yang akan masuk ke *cooling tower* dan keluar dari *cooling tower*.
- Kecepatan udara yang keluar dari *cooling tower*.
- *Wet bulb* udara lingkungan operasi *cooling tower*.
- Suhu kolam dingin tempat penampungan air *cooling tower* yang sudah keluar.

Data-data yang telah diperoleh akan dipakai untuk menilai performa *cooling tower* yang ada sekarang sebagai pendingin *dies*. Performa *cooling tower* yang ada dinilai berdasarkan efektifitasnya, dan efektifitas *cooling tower* sendiri didefinisikan sebagai perbandingan antara *Range Temperature* dengan total *Range Temperature* dan *Approach Temperature*^[4]. *Range Temperature* sendiri merupakan jarak suhu antara *Cooling Tower Inlet Temperature* dengan *Cooling Tower Outlet Temperature*, sedangkan *Approach Temperature* merupakan jarak suhu antara *Cooling Tower Outlet Temperature* dengan *Wet Bulb Temperature* udara sekitar *cooling tower* beroperasi^[4]. Secara matematis pernyataan ini dapat ditulis sebagai Persamaan 1

$$\epsilon = \frac{\text{Cooling tower range}}{\text{Cooling tower range} + \text{Cooling tower approach}} \times 100\% \quad (1)$$

Tahap selanjutnya dilakukan pengambilan data debit air yang masuk ke dalam *diebox* dan dilakukan juga pengukuran suhu permukaan *dies* dilakukan dengan cara menempelkan termokopel yang bagian atasnya di insulasi oleh sebuah *insulator tape* ke permukaan luar *dies*. Data-data pengukuran air yang masuk ke *diebox* nantinya akan dimasukkan ke simulasi ANSYS Workbench dan ANSYS Fluent untuk mengetahui suhu *diegap*, dengan data suhu permukaan *dies* sebagai bahan validasi simulasi.

2.2 Proses Simulasi

Simulasi dilakukan untuk mengetahui temperatur *die gap*, hal ini dilakukan karena kesulitan pengambilan data temperatur kawat di *die gap* dengan alat ukur. Simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan 3 perangkat lunak, yaitu perangkat lunak GAMBIT, ANSYS Workbench dan ANSYS Fluent.

Perangkat lunak GAMBIT digunakan untuk membuat geometri rumah *dies* dan juga *dies*. Dengan bantuan perangkat lunak ini juga, dibuat *mesh grid* dan juga dilakukan penentuan *boundary condition*.

Perangkat lunak ANSYS Workbench digunakan untuk membuat geometri *dies* beserta kawatnya. Penggunaan perangkat lunak ini ditujukan untuk mencari nilai *heat flux* akibat gesekan antara kawat dengan *diegap*. Hasil simulasi ANSYS Workbench yang diharapkan adalah tegangan rata-rata yang dialami kawat saat berada di *die gap*. Dari hasil tegangan rata-rata tersebut, dapat dicari gaya penarikan kawat^[2], yang secara matematis dapat ditulis sebagai Persamaan 2.

$$F = \sigma_o A_f \left[\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) \ln \left(\frac{A_o}{A_f}\right) + \frac{2}{3} \alpha \right] \quad (2)$$

Dimana σ_o adalah tegangan rata-rata yang dialami kawat di *die gaps*, A_f dan A_o merupakan luas penampang kawat yang keluar dari *dies* dan yang akan masuk ke dalam *dies* berturut-turut, μ adalah koefisien gesek antara kawat dengan material *die*, dan α adalah *die angle* dalam *radian*.

Besarnya kalor yang dilepaskan oleh gesekan antara *diegap* dengan kawat dapat dicari dengan mengetahui koefisien gesek antara kawat dengan *diegap* (μ), kecepatan penarikan kawat (V) dan juga gaya penarikan kawat (F)^[5] yang didapat dari Persamaan 1. Hal ini dirumuskan pada Persamaan 3.

$$q = \mu \cdot F \cdot V \quad (3)$$

Dengan mengetahui kalor yang dilepaskan oleh gesekan, maka dapat diketahui juga besarnya *heat flux* akibat gesekan dengan cara membagi kalor yang didapat pada Persamaan 2 dengan luasan permukaan yang kontak antara kawat dengan *diegap*.

Setelah data *heat flux* dimasukkan ke dalam ANSYS Fluent dan digabung dengan data-data hasil pengukuran geometri, debit, dan temperature air yang masuk ke dalam *diebox*, barulah dilakukan iterasi untuk menemukan nilai temperature *diegap* dengan pendinginan yang ada saat ini. Dalam proses simulasi ini juga, akan dicoba berbagai permodelan *viscous* beserta variasi *interval mesh size*. Semua hasil ini akan divalidasi dan dicari nilai yang mendekati pengukuran suhu permukaan *dies*. Apabila sudah ditemukan *mesh size* dan permodelan *viscous* dengan *error* terkecil, maka selanjutnya akan dipakai untuk simulasi optimasi pendinginan *diebox*.

Simulasi kemudian dilanjutkan untuk mencari kondisi pendinginan yang baik agar suhu *diegap* dapat mencapai nilai yang telah direkomendasikan oleh ASM International. Simulasi dilakukan dengan cara mengubah temperature dan/atau debit air yang akan masuk ke dalam *diebox*, serta dengan mengubah geometri *diebox*.

2.3 Rekomendasi dan Optimasi

Setelah diketahui suhu *diegap* berdasarkan kondisi pendinginan yang ada sekarang, maka dilakukan analisa untuk mengetahui apakah suhu *diegap* yang ada sekarang sudah memenuhi rekomendasi *ASM International* atau belum. Jika belum maka dibuatlah usulan-usulan untuk memperbaiki sistem pendingin. Usulan-usulan ini dibuat berdasarkan hasil simulasi kondisi pendinginan yang baik agar suhu *diegap* dapat mencapai nilai yang direkomendasikan *ASM International*. Namun, jika kondisi pendinginan yang ada sekarang sudah baik, maka usulan-usulan yang disampaikan hanyalah usulan perawatan agar sistem pendingin yang ada dapat beroperasi dengan baik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran Performa *Cooling Tower*

Pengukuran dilakukan dengan mengatur putaran motor pompa dengan cara mengubah *setting* inverter motor hingga motor pompa mencapai kecepatan putar yang diinginkan. Pengukuran suhu air *cooling tower* dilakukan 30 hingga 40 menit setelah perubahan terhadap putaran motor dilakukan untuk memberikan kesempatan bagi mesin-mesin di dalam *plant* mencapai keadaan operasional yang *steady*. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran di lapangan.

Pengambilan data debit udara yang disarankan adalah dengan menggunakan *anemometer* yang diletakan pada *air outlet cooling tower*^[6]. Pada kesempatan pertama pengambilan data, debit udara di *air outlet cooling tower* terukur sebesar 1.2 m/s, namun setelah dilakukan perbaikan bersama-sama dengan teknisi pabrik, kecepatan udara *cooling tower* dapat ditingkatkan menjadi 6.8 m/s dengan mengubah sudut defleksi bilah-bilah *fan*.

Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan putar motor pompa semakin tinggi suhu keluaran *cooling tower* hal ini disebabkan karena *droplet* air di dalam *cooling tower* semakin membesar akibat naiknya debit air. Hal ini menyebabkan *droplets* air menjadi semakin besar, akibatnya udara tidak mampu menurunkan air hingga ke suhu yang lebih rendah dari putaran motor sebelumnya karena semakin rendahnya dampak *evaporative cooling* yang terjadi.

Beberapa hal penting lainnya yang diamati ketika melakukan pengambilan data adalah mengenai kondisi kolam panas dan kolam dingin, berikut adalah laporan dan analisisnya:

- ❑ Saat putaran pompa berada di **800 RPM**, air dari kolam panas masuk ke kolam dingin. Solusinya yang disarankan adalah *bypass channel* antara kolam panas dan kolam dingin ditutup dan pengalihan air dari reservoir dekat unit 2 ke kolam dingin.
- ❑ Saat putaran pompa berada di **900-1000 RPM**, ketinggian air di kolam panas surut hingga lebih rendah dari *inlet suction pipe* jika dibiarkan terlalu lama. Solusi yang disarankan adalah pengalihan air dari reservoir dekat unit 2 ke kolam panas.
- ❑ Saat Putaran pompa mencapai **1000 RPM**, Basin **Cooling Tower banjir** yang artinya debit *inlet cooling tower* melebihi kapasitas *cooling tower* diatas putaran ini

Performa *Cooling tower* yang dicari adalah efektivitasnya, dan dapat dihitung dengan Persamaan 1. Melalui data-data *cooling tower* yang disediakan oleh Tabel 2 dan dengan mengetahui *wet bulb temperature* udara sekitar adalah 27°C, nilai *range temperature* dan *approach temperature* dapat dicari.

Tabel 1 Perhitungan efektivitas *cooling tower*

RPM	Range Temp (°C)	Approach Temp (°C)	Effectiveness (%)
800	1.5	4.3	25.9
850	2.4	5.2	31.6
900	2.6	5.1	33.8
950	2	6.8	22.7

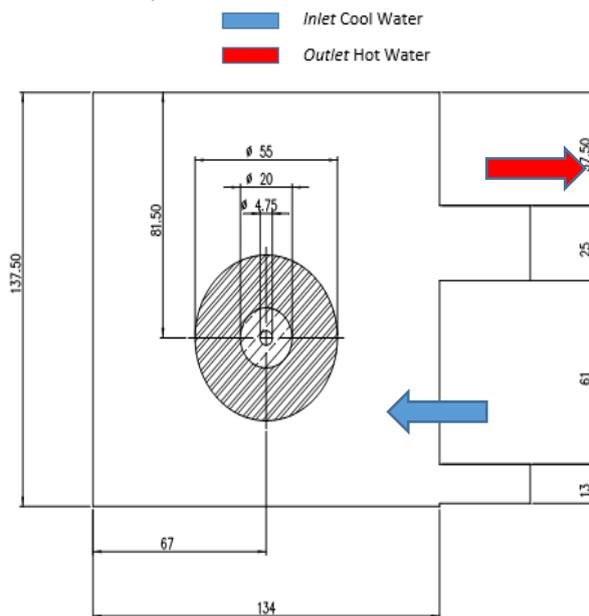
Tabel 2 Hasil pengukuran lapangan pada *cooling tower*

RPM	T _{air,in} (°C)	T _{air,out} (°C)	V _{air} (m/s)	T _{CT,in,kolam,panas} (°C)	T _{plant,out} (°C)	T _{CT,outlet} (°C)	T _{kolam,dingin} (°C)
800	32.5	32.9	6.7	32.8	33.4	31.3	31.1
850	33.4	33.8	6.8	34.6	35	32.2	31.9
900	33.8	34.2	6.8	34.7	34.8	32.1	32
950	34.1	34.5	6.7	35.8	36	33.8	33.2

Tabel 1 menunjukkan bahwa efektivitas *cooling tower* meningkat dan menuju nilai yang paling optimal berada pada kecepatan putaran pompa 900 RPM. Kenyataannya saat operasional sehari-hari, *cooling tower* dijalankan dengan putaran pompa 800 RPM, dan efektivitasnya berada pada nilai 25.9%, seharusnya efektivitas *cooling tower* yang disarankan berada pada kisaran 70%-75%^[7].

3.2 Pengukuran Geometri, Suhu, dan Debit Dies Beserta Diebox

Dies yang digunakan pada unit mesin ini mereduksi kawat dari diameter 5.5 mm hingga 4.75 mm. Pada Gambar 3 ditunjukkan hasil pengukuran dimensi *diebox* beserta *dies*-nya.



Gambar 3 Dimensi *dies* dan *diebox*

Debit air berdasarkan data yang didapatkan dari pengukuran adalah suhu permukaan air yang masuk ke dalam *diebox* terukur sebesar 35°C dan suhu air yang keluar dari *diebox* terukur sebesar 36°C. Suhu permukaan *dies* saat operasional dan terendam air pendingin terukur sebesar 65.9°C atau 338.9 K. Dengan menggunakan data diatas dan juga dengan mengetahui diameter masukan rumah *dies* yaitu 13 mm, maka dapat ditemukan nilai kecepatan air yang masuk ke dalam rumah *dies* yaitu 0.942 m/s

3.3 Analisa Keausan *dies*

Pemasangan *dies* dimonitor dari tanggal 20 April 2016 hingga saatnya diganti pada tanggal 26 April 2016. Lamanya tanggal produksi ini akan dibandingkan dengan data produksi kawat sehingga dapat dicari umur *dies* tersebut. Berikut adalah data-data yang diketahui:

- Berat kawat per 100 m adalah 7,14 kg
- Berat produksi kawat dari tanggal 20 April 2016 hingga 26 April 2016 adalah 23.713 kg.
- Toleransi perbesaran *dies* untuk jenis kawat BWG #10 yang diijinkan adalah +0.05 mm

Dari data-data diatas, dapat diketahui seberapa panjang kawat yang berhasil melalui *dies* sebelum akhirnya *die gap* mengalami perbesaran yang mencapai toleransi (+0.05mm). Berdasarkan perhitungan, kondisi *dies* saat ini dapat menarik kawat hingga 332 km sebelum akhirnya diameter *die gap* mengalami perbesaran hingga 0.05 mm. Jika ditelaah lebih lanjut, Gambar 1 hanya menyediakan data perbesaran diameter *die gap* per 500 km penarikan kawat, oleh karena itu agar dapat membandingkan data keadaan *dies* yang ada sekarang dengan Gambar 1, harus dicari berapakah perbesaran *die gap* yang terjadi pada *dies* di MT 4 Blok 1 jika dipaksa untuk menarik kawat sepanjang 500 km.

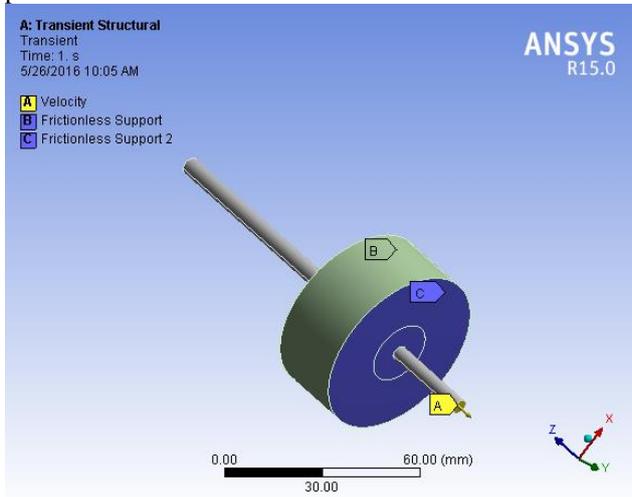
Apabila *dies* dipaksa untuk menarik kawat sepanjang 500 km, maka diameter *die gap* akan mengalami perbesaran sebesar 0,075mm. Jika kita membandingkan nilai ini dengan grafik tingkat perbesar *die gap* di Gambar 1, nilai ini masih belum optimal. Untuk penarikan kawat dengan kandungan karbon mendekati 0.08%, diharapkan secara teoritis *die gap* hanya mengalami perbesaran 0.01 mm per 500 km penarikan kawat, jika dengan kondisi yang ada saat ini, *die gap* mengalami perbesaran sebesar 0,075mm per penarikan 500 km kawat, maka dapat disimpulkan kondisi *dies* saat ini masih belum baik.

3.4 Analisa Temperatur *Dies* dengan Simulasi

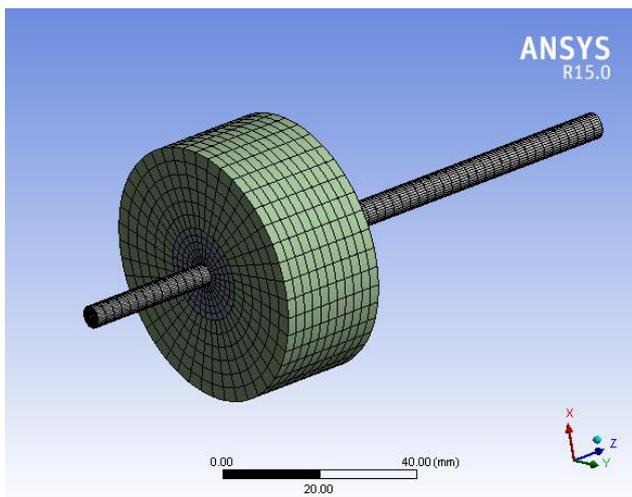
Sebelum memulai simulasi di ANSYS Fluent, harus didapatkan terlebih dahulu *heat flux* karena gesekan kawat dengan *dies*, hal ini bisa didapatkan melalui simulasi ANSYS Workbench. *Input* data yang dimasukkan ke dalam ANSYS Workbench adalah kecepatan kawat, koefisien gaya gesek antara tungsten karbida dengan kawat baja berlapis lubrikan serbuk adalah 0.12^[8]. *Dies* diganjal sejajar dengan sumbuinya agar tidak bergerak saat kawat melaluinya, dengan demikian *dies* berarti di beri *fixed support* pada sisi permukaan lingkaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Kecepatan kawat dapat dicari dengan mengetahui diameter drum yaitu 58.6 cm, dan kecepatan putar drum penarik kawat yang besarnya dapat diukur dengan

menggunakan *tachometer* analog. *Tachometer* yang digunakan memiliki diameter *knob* sebesar 3 cm. RPM yang terukur di *tachometer* adalah 1840 RPM, sehingga dengan menggunakan rumus perbandingan putaran terhadap diameter, didapat kecepatan putar drum penarikan kawat adalah 94.2 RPM. Dengan mengetahui dimensi diameter drum, maka kecepatan tangensial penarikan kawat adalah 2.9 m/s.



Gambar 4 Constraint pada *dies* dan kawat

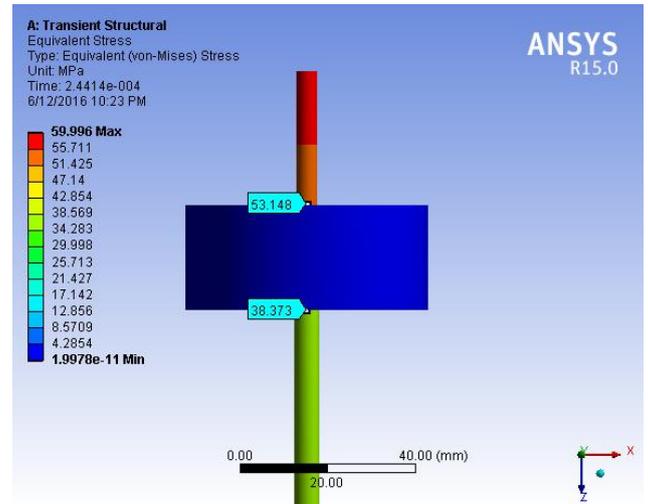


Gambar 5 Detail *mesh* pada kawat dan *dies*

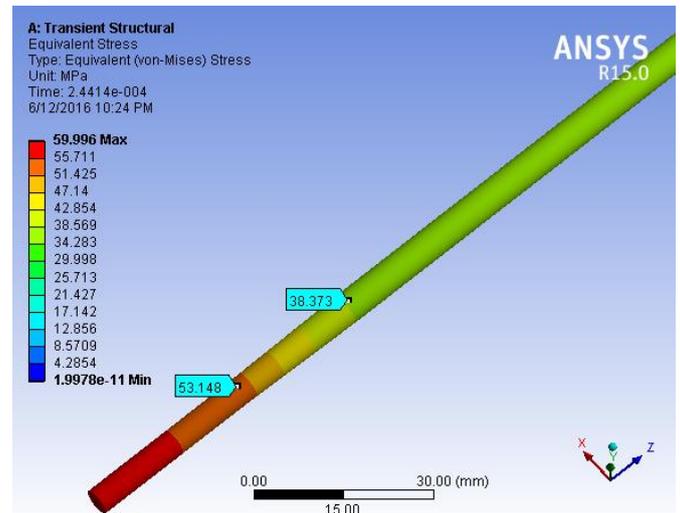
Hasil simulasi ANSYS menunjukkan bahwa *True Stress* yang terjadi pada kawat besarnya variatif dan memiliki rentang dari 0 MPa hingga 60.00 MPa. Sedangkan besar *True Stress* yang terjadi saat kawat kontak dengan *dies* besarnya berkisar dari 38.37 MPa hingga 53.15 MPa, dengan demikian *average true stress* kawat pada *die gap* yang didapat adalah 45.76 MPa.

Dengan menggunakan Persamaan 2, dan dengan mengetahui sudut *dies* (α) adalah 6.5° , kita dapat mencari besarnya gaya yang dikeluarkan untuk menarik kawat. Besarnya gaya yang dialami oleh kawat saat proses penarikan adalah 548.3 N. Selanjutnya, dengan memasukkan hasil perhitungan gaya penarikan kawat ke Persamaan 3, maka ditemukan kalor akibat gesekan antara kawat dengan *diegap*, yaitu 191 watt. Jika luasan kontak antara kawat dengan *diegap* diketahui

berdasarkan spesifikasi perusahaan manufaktur *dies* yaitu 2.25×10^{-4} , maka *heat flux* nya adalah 848 kW/m².

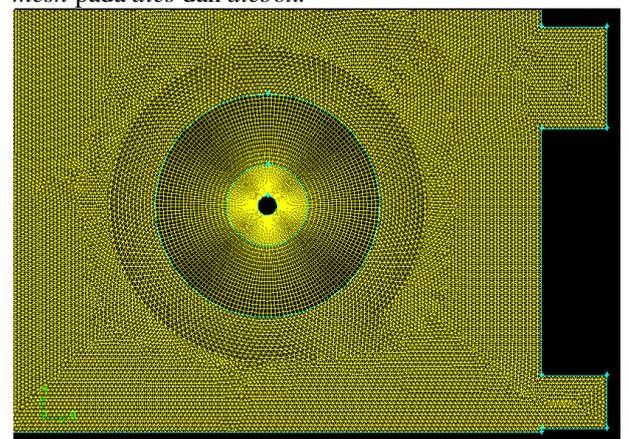


Gambar 6 Hasil simulasi penarikan kawat



Gambar 7 Detail hasil simulasi pada kawat

Hasil perhitungan ini akan dimasukkan ke dalam simulasi ANSYS Fluent agar dapat diketahui suhu yang terdapat pada *die gaps*. Pada Gambar 8 ditunjukkan detail *mesh* pada *dies* dan *diebox*.



Gambar 8 Detail *mesh* pada *dies* dan *diebox* melalui software GAMBIT

Hasil *mesh* ini kemudian di-*export* menuju ANSYS Fluent untuk dijalankan proses simulasi. Dengan menggunakan data *heat flux* yang telah ada dilakukan *mesh test* terlebih dahulu, permodelan *viscous Standard K-Epsilon* sebagai permulaan, *interval mesh size* pada awalnya diatur pada 1 mm, kemudian diubah-ubah hingga mendapatkan hasil simulasi yang mendekati temperatur permukaan *dies*. Tabel 3 menunjukkan hasil *mesh test*.

Tabel 3 Hasil simulasi *mesh test*

Mesh Interval	Worst Quality	Simulated Dies Surface Temperature (K)	Error
0.5	0.51	332.9	1.8 %
0.7	0.51	340.3	0.4 %
1	0.47	346.3	2.2 %
3	0.53	349.8	3.2 %
7	0.77	350.2	3.3 %

Tabel 3 menunjukkan bahwa dengan *mesh interval size* 0.7 mm menghasilkan nilai selisih paling kecil dengan temperatur permukaan *dies* dari hasil pengukuran, oleh karena itu *mesh size* ini akan digunakan dalam simulasi selanjutnya. Tahap selanjutnya dilakukan simulasi dengan mengubah permodelan *viscous* untuk menemukan nilai selisih temperatur permukaan *dies* antara simulasi dengan pengukuran yang lebih kecil lagi. Tabel 4 menunjukkan hasil simulasi terhadap beberapa permodelan *viscous*.

Tabel 4 Hasil simulasi dengan berbagai model *viscous*

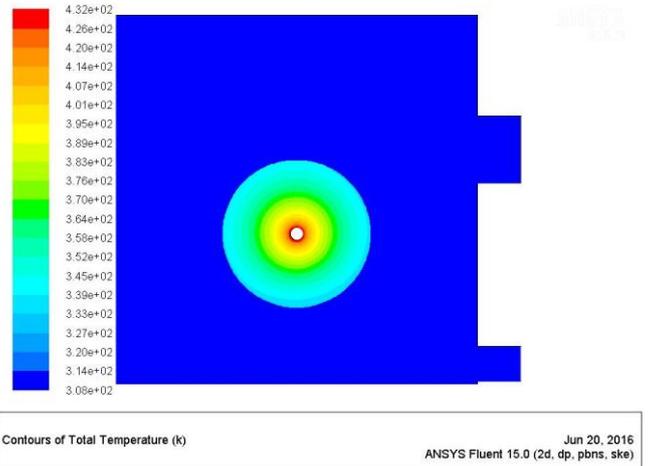
Model	Simulated Dies Surface Temperatur (K)	Error (%)	Inner Dies Temperatur (K)
SKE	340.3	0.4	432.3
RNG-KE	341.8	0.9	433.2
RKE	342.5	1.1	435.9
SKW	327.1	3.5	414.2
SSTKW	329.9	2.7	417.7

Tabel 4 juga menunjukkan bahwa permodelan *Standard K-Epsilon* memiliki nilai suhu temperatur permukaan *dies* yang mendekati dengan hasil pengukuran di lapangan. Pada permodelan ini juga, diketahui bahwa suhu dalam *dies* adalah 432.3K atau sekitar 159.3°C. Jika dibandingkan dengan nilai temperatur *diegap* yang disarankan oleh ASM International, yaitu 137°C, maka dapat disimpulkan perlu diadakan perbaikan sistem pendingin agar suhu *diegap* yang ada sekarang dapat diturunkan hingga mendekati nilai temperatur yang direkomendasikan oleh ASM International.

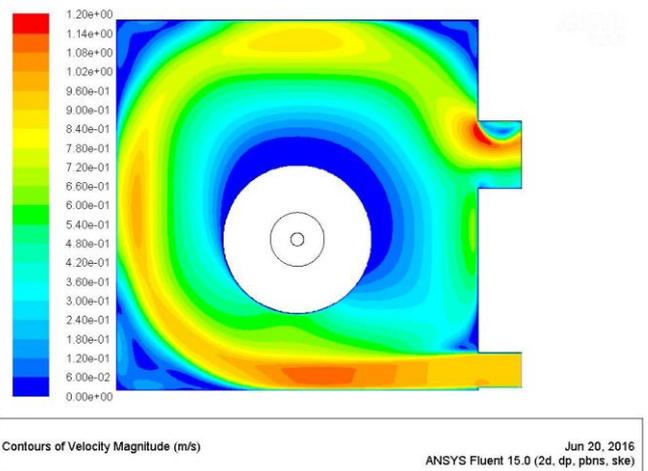
Pada Gambar 10, kontur kecepatan air menunjukkan bahwa aliran air yang mengitari permukaan *dies* tidak memiliki kecepatan yang merata. Hal ini menyebabkan nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi di permukaan *dies* berbeda-beda sehingga perpindahan panas dari *dies* ke fluida pendingin juga tidak merata. Hal

ini dapat dibuktikan pada Gambar 9 yang menunjukkan ketidakrataan distribusi temperatur pada geometri *dies*.

Beberapa kondisi disimulasikan untuk mendapatkan nilai suhu *diegap* yang mendekati dengan nilai temperatur yang direkomendasikan oleh ASM International.



Gambar 9 Kontur temperatur rumah *dies* dan *dies*



Gambar 10 Kontur kecepatan air pada rumah *dies*

Berikut adalah beberapa cara yang dilakukan agar kondisi pendinginan terpenuhi:

1. Debit air masuk dinaikkan
Simulasi ini dilakukan dengan memasukan data suhu air 308K dan yang diubah-ubah hanyalah data debit ke dalam rumah *dies*. Hasil simulasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil simulasi dengan mengubah debit air

Debit Air (L/s)	0.198	0.265	0.332	0.398
Suhu Die Gaps (K)	426.7	421.9	418.7	418.3

2. Temperatur air masuk diturunkan
Cara selanjutnya yang dapat dilakukan adalah dengan menurunkan temperatur masukan air. Debit air yang akan masuk ke dalam *diebox* dibuat tetap sama dengan kondisi sekarang yaitu 0.125 L/s, hanya saja temperatur air yang diturunkan. Hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil simulasi suhu *die gaps* dengan mengubah suhu masukan air

Suhu Masukan Air (°C)	30	25	20	15
Suhu Die Gaps (K)	427.3	422.3	417.3	412.3

- Debit air dinaikkan dan temperatur air masuk diturunkan

Cara yang ketiga adalah dengan menggabungkan kondisi-kondisi pada cara pertama dan cara yang kedua, dimana kecepatan masuk air ditingkatkan dan suhu air diturunkan. Tabel 7 menunjukkan hasil simulasi kombinasi tersebut.

Tabel 7 Suhu die gaps berdasarkan simulasi dengan mengkombinasikan penurunan suhu masukan air dan meningkatkan debit masukan air

Kecepatan Masuk (m/s)	Suhu Masukan (°C)	Suhu Die Gaps (K)
1.5	30	421.7
	25	416.7
	20	411.7
	15	406.7
2	30	417.0
	25	412.0
	20	407.0
	15	402.0
2.5	30	412.7
	25	407.7
	20	402.7
	15	397.7
3	30	413.7
	25	408.7
	20	403.7
	15	398.7

3.5 Rekomendasi Perbaikan Sistem Pendinginan

Berdasarkan hasil simulasi diatas, kemudian dicocokkan dengan kemampuan sistem pendingin saat ini agar dapat dilihat apakah sistem pendingin sudah optimal atau belum. Sistem pendingin kawat perusahaan saat ini menggunakan *cooling tower* yang berdasarkan pengukuran dapat menghasilkan suhu masukan rumah *dies* sekitar 35°C dengan debit air masuk sekitar 0.125 L/s. Kondisi demikian menghasilkan suhu *die gaps* sekitar 432.3 K atau 159.3°C, sedangkan suhu optimal yang dianjurkan untuk memperpanjang umur *dies* adalah 410 K, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin yang ada perlu dilakukan optimasi.

Beberapa cara yang dapat dilakukan agar dapat menemukan kondisi yang optimal berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 7, diantaranya adalah:

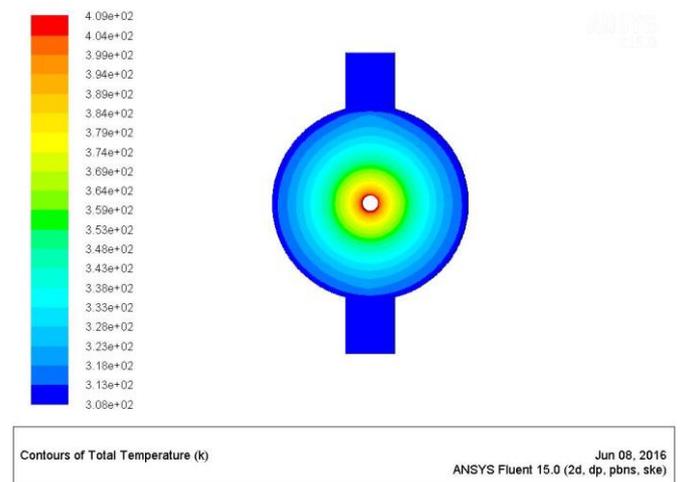
- Jika *cooling tower* ingin diganti dengan menggunakan *chiller*, maka debit air yang akan masuk ke mesin haruslah mendekati 0.198 L/s untuk

suhu keluaran *chiller* 20°C, atau 0.265 L/s untuk suhu keluaran *chiller* 25°C.

- Jika tidak diinginkan penggunaan *chiller* dan hanya mengandalkan *cooling tower* saja, maka suhu terendah yang dapat dicapai adalah 30°C. Agar suhu *die gaps* dapat optimal dengan suhu inlet 30°C, maka debit air perlu ditingkatkan hingga 0.398 L/s.
- Rumah *dies* berbentuk kotak diidentifikasi tidak memiliki perpindahan panas yang merata seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9, oleh sebab itu perlu dicari alternatif pengganti agar perpindahan panas dapat merata sehingga suhu *die gap* bisa dibuat lebih rendah dari yang ada saat ini.

Rumah *dies* yang dipakai saat ini adalah berbentuk balok dengan dimensi 92mm x 134 mm x 137.5 mm. Dengan geometri demikian, pendinginan mampu membuat *die gaps* berada pada suhu 435.6 K atau 162.6°C. Pada Gambar 10 menunjukkan aliran air tidak merata di seluruh permukaan *dies*, konsekuensi dari hal ini adalah perpindahan panas tidak merata di seluruh permukaan *dies*.

Alternatif yang bisa diberikan adalah dengan membuat rumah *dies* berbentuk silindris, dengan harapan agar aliran air dapat dipaksa menyelubungi *dies* sehingga terjadi perpindahan panas yang merata di seluruh permukaan *dies*. Debit masukan, ukuran pipa masukan dan ukuran pipa keluaran yang sama. Kondisi air yang masuk juga memiliki suhu 308 K dengan debit 0.125 L/s, dan hasil distribusi *temperatur* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Kontur temperatur pada simulasi rumah dies berbentuk lingkaran

Terlihat pada Gambar 411, secara keseluruhan distribusi temperaturnya lebih merata dibandingkan dengan pemakaian rumah *dies* berbentuk balok. Suhu die gaps yang didapat yaitu 409.6 K atau 136.6°C, lebih rendah dari suhu die gaps pada rumah *dies* yang berbentuk balok yaitu 435.6 K dengan besar debit yang sama.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan kapasitas mesin pendingin yang akan digunakan. Perhitungan kapasitas pendinginan didasarkan pada asumsi bahwa ke-58 mesin tarik memiliki besar debit yang sama, serta perhitungan debit untuk pendingin *drum* mesin kawat

diabaikan. Suhu keluaran dari pabrik adalah 33°C, sehingga besarnya kapasitas pendinginan merupakan hasil perkalian dari kebutuhan debit total, kalor jenis air, dan perubahan suhu antara suhu keluaran pabrik dengan suhu yang akan dicapai. Berikut adalah rincian kebutuhan pendinginan masing-masing mesin pendingin:

1. Jika sistem pendinginan direncanakan untuk beroperasi memakai *chiller* dengan debit 0.198 L/s dan suhu keluaran 20°C, maka debit air total yang keluar dari pabrik adalah 0.198 L/s × 58 mesin = 11.5 L/s atau 11.5 kg/s. Maka diperlukan mesin pendingin dengan kapasitas pendingin diatas 628 kW.
2. Jika sistem pendinginan direncanakan untuk beroperasi memakai *chiller* dengan debit 0.265 L/s dan suhu keluaran 25°C, maka debit air total yang keluar dari pabrik adalah 0.265 L/s × 58 mesin = 15.7 L/s. Maka diperlukan mesin pendingin dengan kapasitas pendingin diatas 528 kW.
3. Jika sistem pendinginan direncanakan untuk beroperasi memakai *cooling tower* baru dengan debit 0.398 L/s dan suhu keluaran 30°C, maka debit air total yang keluar dari pabrik adalah 0.398 L/s × 58 mesin = 23.1 L/s. Maka diperlukan mesin pendingin dengan kapasitas pendingin diatas 528 kW.

Pengambilan keputusan akan mesin pendingin apa yang akan di instalasi bergantung pada biaya investasi instalasi dan waktu *payback period*. Berdasarkan perhitungan biaya instalasi dan *cost benefit analysis*, didapatkan bahwa instalasi *cooling tower* dan/atau perubahan bentuk rumah *dies* menjadi silindris lebih diminati, karena memiliki biaya instalasi yang lebih kecil dan juga masa *payback period* yang lebih cepat.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian ini adalah:

1. Pengambilan data dilakukan di Mesin Tarik 4 Blok 1, *dies* yang ada menarik kawat ukuran BWG 10 dan mereduksi diameter kawat dari ukuran 5.50 mm hingga 4,75 mm. Berdasarkan hasil pengamatan, *die gap* pada *dies* yang dipakai saat ini mengalami perbesaran mencapai diameter 0.05 mm ketika dilalui kawat sepanjang 370 km.
2. *Cooling tower* yang dipakai saat ini memiliki rentang keluaran suhu 31°C hingga 35°C. *Cooling tower* memiliki efektivitas sebesar 25.9% di kecepatan putar pompa 800 RPM, atau saat kondisi operasional sehari-hari. Dari hasil pengukuran juga diketahui bahwa debit air yang masuk ke dalam *diebox* adalah 0.125 L/s dengan suhu 35°C.
3. Berdasarkan data-data yang telah didapat, hasil simulasi ANSYS Fluent menunjukkan suhu *die gap* adalah 159.3°C. Jika dibandingkan dengan suhu *die gap* yang direkomendasikan oleh ASM, yaitu sekitar 137°C, suhu *die gap dies* yang ada saat ini belum optimal, sehingga diperlukan optimasi pendinginan *dies*.
4. Berikut adalah beberapa kondisi yang harus dipenuhi agar suhu *die gap* mencapai nilai yang mendekati 137°C, yaitu:

- Jika sistem pendingin dipasangkan *chiller*, maka suhu air yang akan masuk ke *diebox* harus berada pada suhu sekitar 20°C dengan debit 0.198 L/s. Apabila kondisi ini dikehendaki, maka kalor yang harus dibuang oleh sistem pendingin ke lingkungan adalah sebesar 628 kW.
 - Jika *chiller* diharapkan hanya mendinginkan air hingga 25°C, maka debit air yang harus masuk ke *diebox* haruslah dalam kisaran 0.265 L/s. Apabila kondisi ini dikehendaki, maka kalor yang harus dibuang oleh sistem pendingin ke lingkungan adalah sebesar 528 kW.
 - Jika penggunaan *cooling tower* lebih dikehendaki, maka *cooling tower* harus mampu mendinginkan air hingga 30°C dan debit air yang masuk ke dalam *diebox* memiliki kisaran 0.398 L/s. *Cooling tower* harus mampu membuang kalor ke lingkungan sebesar 292 kW.
 - Langkah terakhir adalah dengan mengganti rumah *dies* dengan geometri berbentuk silindris, dengan aliran debit 0.125 L/s dan suhu masukan air 35°C.
5. Instalasi *cooling tower* dan/atau perubahan bentuk rumah *dies* menjadi silindris lebih disegani karena biaya investasi yang rednah, serta masa *payback period* yang lebih cepat.

5. Referensi

1. Semiatin, S. L., & al, e. (1988). *ASM Handbook Volume 14: Forming and Forging*. ASM International.
2. Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2009). *Manufacturing, Engineering and Technology 6th edition*. Prentice Hall.
3. Davis, R. J. (1995). *ASM Specialty Handbook: Tool Materials*. New York: ASM International.
4. Cheremisinoff, P. N., & Cheremisinoff, N. P. (1981). *Cooling Towers: Selection, Design and Practice*. Michigan: Ann Arbor Science Publisher, Inc.
5. Bhushan, B. (2013). *Introduction to Tribology: Second Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
6. Paolucci, A. (2002). *Cooling Tower Analysis*. Chattanooga: University of Tennessee.
7. Engineering ToolBox, 2012, Cooling Tower Efficiency, 5 Mei 2016, http://www.engineeringtoolbox.com/cooling-tower-efficiency-d_699.html
8. Byon, S. M., Lee, J. S., Lee, D. W., Lee, Y. H., & Lee, Y. (2011). Effect of Coating Material and Lubricant on Forming Force and Surface Defects In Wire Drawing Process. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 104-110.
9. Cengel, A. Y., & Boles, A. M. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach, 8th Edition*. New York: McGraw-Hill.
10. Bergman, L. T., Lavine, S. A., Incropera, P. F., & Dewitt, P. D. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Jefferson City: John Wiley and Sons.