

TUGAS AKHIR - TM 184835

**PENGARUH TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN UDARA
TERHADAP KECEPATAN PROSES PENGERINGAN POHON
KERAMIK
(STUDI KASUS : PT XYZ)**

YULIA ELSA PUSPITA
NRP 0211154000064

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.
NIP 196303141988031002

Program Studi S-1
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022



TUGAS AKHIR - TM184835

**PENGARUH TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN UDARA
TERHADAP KECEPATAN PROSES PENGERINGAN POHON
KERAMIK**

(STUDI KASUS : PT XYZ)

YULIA ELSA PUSPITA

NRP 02111540000064

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.

NIP 196303141988031002

Program Studi S-1

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - TM184835

**THE EFFECT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON
DRYING RATE OF CERAMIC TREE
(CASE STUDY : PT XYZ)**

YULIA ELSA PUSPITA

NRP 02111540000064

Advisor

Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.

NIP 196303141988031002

Study Program S-1

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Industrial Technology and System Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN UDARA TERHADAP KECEPATAN PROSES PENGERINGAN POHON KERAMIK (STUDI KASUS: PT. XYZ)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **YULIA ELSA PUSPITA**

NRP. 0211154000064

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. **Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.** Pembimbing
2. **Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T.** Penguji I
3. **Dinny Harnaniy S.T., M.T.** Penguji II



SURABAYA

JULI 2022

APPROVAL SHEET

THE EFFECT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON DRYING RATE OF CERAMIC TREE (CASE STUDY : PT. XYZ)

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree Bachelor of Engineering at
Undergraduate Study Program of S-1
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: **YULIA ELSA PUSPITA**

NRP. 0211154000064

Approved by Final Project Proposal Examiner Team:

1. **Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.**

Advisor

2. **Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T.**

Examiner I

3. **Dinny Harnaniy S.T., M.T.**

Examiner II

SURABAYA

JULI 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Yulia Elsa Puspita / 0211154000064
Departemen : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing / NIP : Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc. / 196303141988031002

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Temperatur dan Kelembapan Udara Terhadap Kecepatan Proses Pengeringan Pohon Keramik (Studi Kasus : PY XYZ)” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

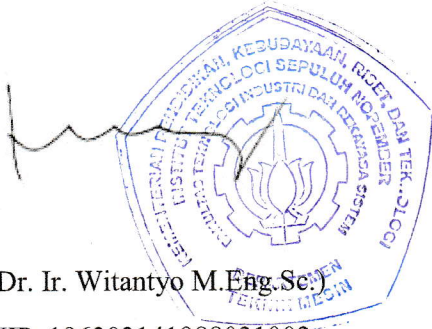
Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 1 Agustus 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Mahasiswa,



(Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.)

NIP. 196303141988031002



(Yulia Elsa Puspita)

NRP. 0211154000064

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Yulia Elsa Puspita / 0211154000064
Department : Mechanical Engineering
Advisor / NIP : Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc. / 196303141988031002


hereby declare that the Final Project with the title of "The Effect of Temperature and Humidity on Drying Rate of Ceramic Tree (Case Study : PT XYZ)" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.
If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.


Surabaya, 1 Agustus 2022

Acknowledged

Advisor

Student


(Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.)
NIP. 196303141988031002


(Yulia Elsa Puspita)
NRP. 0211154000064

PENGARUH TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN UDARA TERHADAP PROSES PENGERINGAN POHON KERAMIK (STUDI KASUS: PT. XYZ)

Nama Mahasiswa / NRP : YULIA ELSA PUSPITA / 02111540000064
Departemen : Teknik Mesin FTIRS-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri manufaktur. Proses produksi pada PT. XYZ menggunakan *investment casting*. *Investment casting* diterapkan oleh perusahaan untuk menghasilkan produk dengan akurasi yang tinggi dan detail yang rumit, seperti *parts* industri, dan implan untuk tulang. PT. XYZ mendapat pesanan *custom product cable protector* sebanyak 12.665 unit. Untuk mencapai target tersebut. Rencana produksi setiap minggunya sampai bulan maret adalah 1000 unit. Namun pada proses produksinya diperlukan waktu yang cukup lama. Setelah dilakukan analisa *cycle time* tiap prosesnya, waktu proses produksi paling lama adalah proses *dipping* yaitu selama 3 hari.

Maka dari itu diperlukan analisis yang mendalam untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dengan melakukan pengamatan dan analisa kombinasi faktor yang berpengaruh saat proses pengeringan. Untuk mengkaji faktor penyebab waktu proses *dipping* yang memakan waktu yang lama, dilakukan studi lapangan untuk mendapatkan data temperatur, dan kelembapan relatif. Setelah itu, data yang didapatkan diolah untuk mengetahui akar permasalahan utama tersebut. Dari penelitian ini hasil yang diharapkan adalah didapatkannya rekomendasi yang tepat bagi perusahaan sehingga dapat mereduksi *cycle time* proses *dipping* produksi perusahaan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan hasil perhitungan dengan desain faktorial dapat disimpulkan bahwa temperatur dan kelembapan berpengaruh terhadap nilai *drying rate*, serta mengatur kondisi ruangan dengan temperatur yang tinggi dan kelembapan relatif yang rendah dapat mempercepat nilai *drying rate*.

Kata kunci : Keramik *fluidal silica*, desain faktorial

THE EFFECT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON DRYING RATE OF CERAMIC TREE (CASE STUDY : PT. XYZ)

Student Name / NRP : YULIA ELSA PUSPITA
Department : Mechanical Engineering FTIRS-ITS
Supervisor : Dr. Ir. Witantyo M.Eng.Sc.

Abstract

PT. XYZ is a company that specialized in manufacture industry. The company's production process is applying investment casting method. This method has been applied to obtain precise and intricate design products, such as industrial parts, and orthopedic implants. PT. XYZ received custom order of cable protector with the amount of 12.665 units. To fulfill this order, a production plan of 1000 units per week was determined until March. However, the production process has been disappointingly slow and time-consuming. Subsequent examinations of cycle time were held during each process, indicating that dipping process is a time consuming process which lasted for three days. One of the methods to accelerate the drying process is by regulating the dry-bulb temperature in room temperature condition and the relative humidity is additionally kept down.

Therefore, an in-depth analysis is needed to solve these problems by observing and analyzing the combination of factors that affecting the drying process. To examine the factors causing the long time of the dipping process, a field study was conducted to obtain data on temperature and relative humidity. After that, the data obtained is processed to find out the root cause of the main problem. From this research, the expected result is to obtain the right recommendations for the company so that it can reduce the cycle time of the company's production dipping process.

Based on the results of research and discussion of the calculation results with factorial design, it can be concluded that temperature and humidity are affecting the drying rate of ceramic, and the setting condition within high temperature and low relative humidity can accelerate the drying rate value.

Keywords: Fluidal silica ceramics, factorial design

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I	7
PENDAHULUAN	7
1.1 Latar Belakang	7
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	9
1.3.1 Batasan	10
1.3.2 Asumsi	10
1.4 Tujuan Penelitian	10
1.5 Manfaat Penelitian	10
BAB II	11
TINJAUAN PUSTAKA	11
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 Investment Casting	12
2.2.2 Proses Pengeringan	13
2.2.3 Psychrometrics	13
2.2.4 Design of Experiment (DoE)	20
2.2.5 Rancangan Faktorial	20
METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Diagram Alir Penelitian	24
3.2 Variabel Penelitian	26
3.3 Jenis dan Sumber Data	26
3.3.1 Jenis Penelitian	26
3.3.2 Sumber Data	26
3.4 Bahan dan Peralatan Pengamatan	27
3.4.1 Bahan Pengamatan	27
3.4.2 Peralatan Pengamatan	27
3.5 Proses Pengamatan	30
3.6 Desain Eksperimen dengan Faktorial	30

3.6.1 Mendefinisikan jumlah faktor dan levelnya	31
3.6.2 Merumuskan Hipotesis.....	31
3.6.3 Menyusun Tabel Kerja	32
3.6.4 Substitusi Data ke dalam Rumus	32
3.6.5 Menarik Kesimpulan	33
BAB IV	34
ANALISA dan PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Penelitian	34
4.1.1 Deskripsi Data	34
4.1.2 Uji Hipotesis.....	39
4.1.3 Perhitungan Uji Hipotesis	40
Bab V	58
Hasil dan Kesimpulan	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
Daftar Pustaka	59
Biodata Penulis	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 . 1 <i>Body Cable Protector</i>	7
Gambar 1 . 2 <i>Clamp Cable Protector</i>	7
Gambar 1 . 3 Ruang Proses Pengeringan Dipping PT. XYZ.....	9
Gambar 2. 1 Proses <i>Investment Casting</i> (P.R. Beeley, R.F. Smart,1995)	1
2	
Gambar 2. 2 Grafik Proses pada Psikrometrik (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2008)	14
Gambar 2. 3 Grafik Proses Pemanasan Sensibel pada Psikrometrik.....	15
Gambar 2. 4 Grafik Proses Pendinginan Sensibel pada Psikrometrik (Edward G. Pita, 2001)	15
Gambar 2. 5 Grafik Proses Pelembapan pada Psikrometrik (Edward G. Pita, 2001)	16
Gambar 2. 6 Grafik Proses Penurunan Kelembapan pada Psikrometrik (Edward G. Pita,)....	16
Gambar 2. 7 Grafik Proses Pemanasan dan Pelembapan pada Psikrometrik (Edward G. Pita, 2001)	17
Gambar 2. 8 Grafik Proses Pemanasan dan Penurunan Kelembapan pada Psikrometrik (Edward G. Pita, 2001)	17
Gambar 2. 9 Grafik Proses Pendinginan dan Pelembapan pada Psikrometrik (Edward G. Pita, 2001)	18
Gambar 2. 10 Grafik Proses Pendinginan dan Penurunan Kelembapan pada Psikrometrik (W. F. Stoecker, 1983)	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Spesimen Pengamatan Proses Dipping.....	26
Gambar 3. 3 Kipas Angin Maspion PW-506W	28
Gambar 3. 4 <i>Dehumidifier</i>	28
Gambar 3. 5 <i>Air Conditioner</i>	29
Gambar 3. 6 <i>Digital Thermometer Hygrometer</i>	29
Gambar 3. 7 Timbangan <i>digital</i>	30
Gambar 3. 8 HP Pavilion <i>Notebook</i> 14" ab025tx.....	30
Gambar 4 . 1 Denah Ruang Dipping	34

DAFTAR TABEL

Tabel 1 . 1 Data Pengiriman <i>Cable Protector</i> Selama Bulan November 2021	8
Tabel 1 . 2 Kapasitas Produksi <i>Body</i> dan <i>Clamp</i>	8
Tabel 2. 1 Tabel 2 faktorial	21
Tabel 2. 2 Tabel ANAVA AB	22
Tabel 2. 3 Tabel ANAVA AB	32
Tabel 3. 1 Komposisi Bahan <i>Primary Slurry</i>	27
Tabel 3. 2 Komposisi Bahan <i>Secondary Slurry</i>	27
Tabel 3. 3 Kode parameter proses	31
Tabel 4. 1 Tabel Data Hasil Pengamatan Lapisan 1	36
Tabel 4. 2 Tabel Data Hasil Pengamatan Lapisan 2.....	36
Tabel 4. 3 Tabel Data Hasil Pengamatan Lapisan 3.....	37
Tabel 4. 4 Tabel Data Hasil Pengamatan Lapisan 4.....	38
Tabel 4. 5 Tabel Data Pengamatan Lapisan 5	38
Tabel 4. 6 Tabel Data Pengamatan Lapisan 6	39
Tabel 4. 7 Tabel Data Lapisan 1	40
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 1.....	41
Tabel 4. 9 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB.....	42
Tabel 4. 10 Tabel Data Lapisan 2.....	43
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 2.....	44
Tabel 4. 12 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB.....	45
Tabel 4. 13 Tabel Data Lapisan 3.....	46
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 3.....	47
Tabel 4. 15 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB.....	48
Tabel 4. 16 Tabel Data Lapisan 4.....	49
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 4.....	50
Tabel 4. 18 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB.....	51
Tabel 4. 19 Tabel Data Lapisan 5.....	52
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 5.....	53
Tabel 4. 21 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB.....	54
Tabel 4. 22 Tabel Data Lapisan 6.....	55
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 6.....	56
Tabel 4. 24 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur. PT XYZ memulai bisnisnya pada tahun 2017, dan selalu meningkatkan kualitas produksinya untuk melayani customer. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan sertifikat ISO 9001 : 2015 dan ISO 45001 : 2018. PT XYZ memiliki produk utama yaitu berupa implan untuk tulang pada manusia, setiap harinya perusahaan ini dapat menghasilkan 80 unit implan. Akan tetapi, perusahaan ini tidak hanya memproduksi implan. Perusahaan ini juga membuka custom order. Custom order yang diterima oleh perusahaan ini biasanya berupa part-part industri, seperti propeller, cable protector.

Proses produksi pada PT XYZ menggunakan investment casting. Investment casting merupakan proses pengecoran presisi. Pengecoran jenis ini mampu membuat produk dengan akurasi tinggi dan detail rumit. Proses *Investment casting* dimulai dengan *injection wax* yaitu membentuk pola yang digunakan sekali pakai yang dibentuk dengan menyuntikkan lilin cair ke dalam cetakan dengan rongga berbentuk. Setelah itu, lilin yang telah mengeras di-*assemble* dengan menggunakan api sehingga terbentuk pohon lalu didiamkan di temperatur ruangan. Kemudian melakukan proses pelapisan (*coating*) pohon sebanyak 6 lapisan dengan 2 *cairan slurry* yang berbeda dan *mullet flour* dengan ukuran mesh yang berbeda, yaitu 16-30, 30-60 dan 200 mesh., proses pelapisan ini dilakukan hingga 6 lapis. Selanjutnya permukaan spesimen yang telah kering dilakukan proses *lost wax*, yaitu pohon yang telah dilapisi keramik kemudian dipanaskan dengan menggunakan oven untuk melelehkan dan mengeluarkan lapisan lilin. Setelah itu, keramik yang telah mengeras dipanaskan pada mesin *shintering* dan dilanjutkan proses *pouring* ke dalam *shell*. Setelah suhu *casting* turun dilakukan proses *finishing* untuk memisahkannya dari *shell* dan memperbaiki bentuk *casting* agar sesuai dengan pesanan. Produk *casting* yang telah selesai dan siap untuk dikirim. berikut di bawah ini merupakan gambar dari produk *body* dan *clamp cable protector*



Gambar 1 . 1 Body Cable Protector



Gambar 1 . 2 Clamp Cable Protector

Pada bulan November 2021 PT. XYZ mendapat pesanan custom order cable protector sebanyak 12.650 unit yang setiap unitnya terdiri dari *body* dan *clamp* dengan target hingga bulan Februari 2022. Dengan kurun waktu tersebut, unit yang harus diproduksi tiap minggunya harus sebesar 1000 unit namun, dengan kemampuan produksi yang dimiliki pabrik, pabrik hanya mampu memproduksi 798 unit *cable protector* perminggunya. Sedangkan perusahaan aktif beroperasi selama 5 hari tiap minggunya dengan 8 jam kerja untuk tiap shift. Maka, target akan sulit dicapai jika dilihat dari tabel 1.1 data produksi di bawah ini,

Tabel 1 . 1 Data Pengiriman Cable Protector Selama Bulan November 2021

Tanggal pengiriman	2	6	8	13	15	21	23	27	30	Total Pengiriman	Rata-rata per minggu
Body (unit)	490	350	350	300	400	350	350	300	300	3190	798
Clamp (unit)	490	350	350	400	300	350	350	400	200	3190	798

Saat pengambilan data yang ditunjukkan pada tabel 1.1, PT. XYZ sedang memfokuskan produksi pada *cable protector* sedangkan untuk produksi pembuatan *non-cable protector* dihentikan sementara. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa PT. XYZ hanya mampu memproduksi 798 unit *body* dan 798 unit *clamp* pada bulan November tanpa mengerjakan produk lain. Untuk menyelesaikan masalah yang ada, PT. XYZ harus meningkatkan kapasitas produksi *cable protector* perharinya sehingga mampu untuk menyelesaikan produksi sesuai target.

Kapasitas produksi dapat ditingkatkan dengan cara mengurangi *cycle time* dari proses pembuatan *cable protector* atau menambah jam operasional pabrik atau dengan menambah mesin maupun *resource* lainnya. Untuk memutuskan kebijakan yang tepat agar peningkatan kapasitas produksi dapat terjadi dilakukan pencarian akar permasalahan dengan menghitung kapasitas produksi tiap proses.

Tabel 1 . 2 Kapasitas Produksi Body dan Clamp

Nama Bagian	Nama Proses	Wax Injection	Assembly & Fixing	Dipping	Lost Wax	Pouring	Finishing
Body	Lama Proses (menit)	113	220	2790	35	60	930
	Unit per batch	20	40	160	16	12	400
	Kapasitas maksimum (per hari)	340	349	330	878	288	400
Clamp	Lama Proses (menit)	113	200	2790	35	60	930
	Unit per batch	20	40	160	20	15	400
	Kapasitas maksimum (per hari)	340	384	330	1097	360	400

Data yang ditunjukkan pada tabel 1.2 merupakan kapasitas produksi untuk 1 shift kerja dengan pengecualian pada proses dipping yang nilainya merupakan hasil dari 1 hari kerja. Pada tabel diatas terlihat bahwa proses *wax injection* hanya menghasilkan 340 unit *clamp* atau *body*, kemudian pada proses *assembly & fixing* hanya mampu menghasilkan 349 unit *clamp* atau 384 unit *body* setiap 1 shift atau 8 jam kerjanya. Rendahnya kapasitas maksimum tersebut dapat diatasi dengan menerapkan tiga shift kerja sehingga mampu meningkatkan kapasitas maksimum menjadi tiga kali lipatnya, pada proses *wax injection* mampu

menghasilkan 1.020 unit *clamp* atau *body* per hari serta proses *assembly & fixing* mampu menghasilkan 1.047 unit *clamp* atau 1.152 unit *body* per hari.

Pada proses *dipping* meskipun telah ditambahkan waktu pengoperasian menjadi 24 jam tetap tidak ada peningkatan pada kapasitas produksinya. Hal ini disebabkan karena waktu pengeringan yang lama serta keterbatasan ruang yang hanya mampu memiliki 160 gantungan pohon sebagai tempat proses pengeringan. sehingga proses tersebut hanya mampu menghasilkan 320 unit *body* atau 320 unit *clamp* perhari.

Pada bagian proses *pouring* hanya terdapat 1 shift jam kerja yang beroperasi pada pukul 07.30 WIB hingga 16.30 WIB. Namun aktualnya, mesin tungku hanya beroperasi selama 6 jam dengan waktu 45-60 menit untuk memanaskan *molding* pada mesin *sintering* dan melelehkan logam pada tungku. Selama 6 jam tersebut tungku mampu menghasilkan 6 hingga 8 kali tuang. Dalam 1 kali siklus tuang, tungku mampu mengisi 12 pohon *casting body* atau 15 pohon *casting clamp*.

Setelah dilakukan pengamatan, ditemukanlah proses yang menjadi *bottleneck* dari pembuatan *cable protector* yaitu proses *dipping* dan *pouring*. Pada proses *dipping*, pabrik memiliki 8 rak sehingga kapasitasnya hanya 80 pohon untuk mengeringkan di hari yang sama. Sedangkan pada proses *pouring*, pabrik hanya mampu melakukan penuangan sebanyak 72 pohon *body* atau 90 pohon *clamp* perhari. Berikut di bawah ini merupakan kondisi ruangan proses pengeringan *dipping* di PT. XYZ.



Gambar 1 . 3 Ruang Proses Pengeringan Dipping PT. XYZ

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur, kelembaban serta kecepatan udara pengering terhadap karakteristik laju pengeringan keramik *investment casting*?
2. Bagaimana pengaturan yang tepat dari variabel-variabel temperatur, kelembapan serta kecepatan udara pada proses pengeringan sehingga dapat mengoptimalkan waktu proses pengeringan?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut ini dijelaskan mengenai batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian berlangsung.

1.3.1 Batasan

Agar penyelesaian masalah dapat tetap terarah, maka batasan masalah yang diberlakukan pada penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Bahan benda kerja adalah material keramik terdiri dari larutan *zircon flour* dengan *fluidal silica* sebanyak 2 lapisan dan *mullet flour* dengan *fluidal silica* sebanyak 4 lapisan dengan total ketebalan 7,7 mm.
2. Tidak membahas proses pembuatan material keramik.

1.3.2 Asumsi

Asumsi-asumsi yang diberlakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel-variabel yang tidak diteliti dianggap selalu konstan dan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap hasil penelitian.
2. Komponen pengering bekerja dalam kondisi baik.
3. Alat ukur yang digunakan dalam keadaan layak.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan-tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi temperatur, kelembaban serta kecepatan udara pengering terhadap karakteristik laju pengeringan pada keramik *investment casting*.
2. Mengetahui pengaturan yang tepat dari variabel-variabel temperatur, kelembaban serta kecepatan udara pada proses pengeringan sehingga dapat mengoptimalkan waktu proses pengeringan.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memperluas pengetahuan tentang studi eksperimental mengenai proses pengeringan keramik *investment casting* dalam pengembangan teknologi heater sebagai upaya untuk mempercepat laju pengeringan pada proses dipping
2. Bagi industri manufaktur dapat digunakan untuk membantu menentukan variabel-variabel proses secara tepat yang sesuai material benda kerja yang akan dikerjakan.
3. Sebagai perhitungan hasil analisis yang nantinya bisa digunakan untuk perbandingan metode pengeringan yang lain

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang sedikit berkaitan dengan permasalahan tugas akhir ini pernah dilakukan sebelumnya, dan berikut akan dijelaskan secara singkat terkait penelitian yang dapat dijadikan sebagai bahan acuan dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Michael Kugelgen melakukan penelitian untuk mengurangi waktu pengeringan keramik pada investment casting. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian dengan menggunakan cyclone drying technology. Dalam penelitian tersebut terdapat 3 parameter utama dalam pengembangan teknologi pengeringan kecepatan tinggi, yaitu : dialiri udara turbulen yang sangat cepat, lampu infra merah dan udara yang sangat kering. Pada penelitian tersebut dilakukan eksperimen, pohon digantung dan diputar secara perlahan dan terus menerus kemudian dialiri udara turbulen dengan kecepatan 12 m/s, untuk mengurangi reaksi lilin dan keramik pada penguapan di kondisi pendinginan. Untuk mencegah hal tersebut dipasang lampu infra merah dengan gelombang medium dan kelembapan diatur 10-15% dengan dehumidifier. Hasil yang didapatkan dari eksperimen tersebut yaitu, waktu pengeringan yang awalnya 24 jam tiap lapisan menjadi 4 jam untuk menyelesaikan 7 lapisan. (Kugelgen, 2008)

Michael Brienza melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui metode terbaik yang digunakan untuk mengukur progress dari pengeringan keramik *investment casting*. Dalam proses pengukuran tersebut terdapat 5 metode, yaitu temperatur, konduktivitas listrik, penurunan berat, kelembapan, *dryness indicator*. Dalam metode penelitian dengan temperatur, teknik yang digunakan adalah dengan menggunakan efek pendinginan evaporatif (panas laten penguapan) terhadap suhu cetakan. Metode yang kedua dengan menggunakan konduktivitas listrik dilakukan dengan cara memplot konduktivitas dari waktu ke waktu sehingga mudah untuk menentukan kapan cetakan akan kering. Metode ketiga yang digunakan, yaitu penurunan berat. Metode tersebut dilakukan dengan memplot berat cetakan selama rentang waktu yang telah ditentukan sehingga didapatkan laju pengeringan. Metode lain yang dapat digunakan yaitu dengan kelembapan, dilakukan dengan cara mengukur kelembapan internal pada cetakan menggunakan *sensor digital* yang ditanam pada pola lilin.. Metode terakhir yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan *dryness indicator*, metode tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan pewarna *dryness indicator*. Indikator ini akan berubah warna yang awalnya kuning-kehijauan menjadi oren-kekuningan dengan perkiraan sisa air dalam cetakan sebanyak 17%. Sehingga mungkin akan sulit digunakan untuk mendeteksi perubahan warna pada beberapa sistem refraktori. (Brienza, Kaye, Browsky, Doiron, & Oles, 2018)

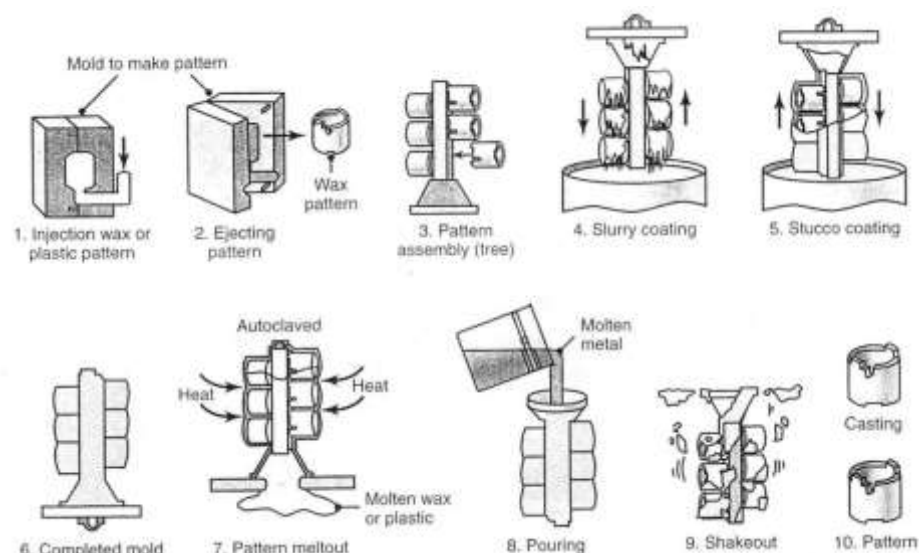
Cober electronics, Inc. merupakan sebuah perusahaan produksi peralatan *microwave* yang mengusulkan metode pengeringan *ceramic investment casting* menggunakan *microwave*. Dalam metode pengeringan tersebut, Cober memiliki teori bahwa apabila panas yang berasal dari energi *microwave* ditambahkan pada proses pengeringan secara hati-hati, proses pengeringan dapat dipercepat tanpa meretakkan keramik. Untuk melakukan eksperimen ini, sebuah *microwave oven* didesain khusus untuk melakukan *vacuum system* dengan kemampuan 0-1200 W dengan frekuensi 2450 MHz. Variabel pada eksperimen sebagai berikut, *Air Drying at Room Temperature, Vacuum Drying at 40mbar, Microwave+Air*

Drying at 100W and Room Temperature, Microwave+Vacuum at 100W at 40mbar dan suhu pada permukaan spesimen dibatasi sampai 80°F untuk mencegah ekspansi yang berlebihan pada lilin dan keretakan keramik. Hasil dari eksperimen pada 20 spesimen (5 spesimen setiap 4 kondisi) menunjukkan bahwa untuk mendapatkan *moisture loss* sebesar 80% pada kondisi *Air Drying* 180 menit, *Vacuum Drying* >180 menit, *Microwave+Air Drying* 60-80 menit, dan *Microwave+Vacuum* 45-50 menit. Berdasarkan hasil penelitian tersebut tidak ada spesimen yang memiliki keretakan pada keramik dan waktu pengeringan dapat dipercepat hingga 50-60% dari waktu pengeringan semula. (Schmitt, 1994)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Investment Casting

Proses *investment casting* merupakan teknik pengecoran logam yang sering digunakan dalam berbagai teknik pengecoran logam modern. Selama setengah abad, proses tersebut telah berkembang dengan pesat sehingga menunjukkan pentingnya hasil pengecoran logam yang rumit serta presisi. (Investment Casting, 1995)



Gambar 2. 1 Proses *Investment Casting* (P.R. Beeley, R.F. Smart,1995)

Istilah *investment casting* berasal dari penggunaan karakteristik lumpur (*slurry*) keramik yang memadat, untuk membentuk cetakan dengan permukaan yang sangat halus. Ini direplikasikan dari pola yang tepat dan ditransmisikan secara bergantian ke coran. *investment casting* dapat didefinisikan dengan pola yang digunakan sekali pakai dengan casting yang dibentuk dengan menyuntikkan lilin cair ke dalam cetakan dengan rongga berbentuk. Lilin pola terhubung, tunggal atau dalam kelompok, ke sprue dan gating sistem dan keseluruhannya terbungkus dalam *investment slurry*. Kemudian, lilin dilelehkan keluar dengan pemanasan menggunakan oven, meninggalkan keramik keras cetakan untuk menerima logam cair. Untuk mengambil hasil akhirnya, cetakan akhirnya dipecah untuk mengekstrak logam yang sudah memadat. (Investment Casting, 1995) (Wang, 2001) (Pita, 2002)

2.2.2 Proses Pengeringan

Pada umumnya pengeringan menggambarkan proses termal menghilangkan zat yang mudah menguap (kelembaban) untuk menghasilkan sebuah produk padat. Kelembaban ditahan dalam campuran kimia, dalam bentuk sebagai larutan cair di dalam padatan atau bahkan terperangkap dalam struktur mikro padatan. (Carl W. Hall, 2006)

Ketika sebuah padatan basah mengalami pengeringan termal, terjadi dua proses secara bersamaan:

1. Transfer energi (dalam bentuk panas) dari lingkungan sekitarnya untuk menguapkan kelembaban permukaan
2. Transfer kelembaban internal ke permukaan padatan dan penguapan selanjutnya karena proses 1

Perpindahan energi sebagai panas dari lingkungan sekitar ke padatan basah dapat terjadi sebagai akibat dari konveksi, konduksi, atau radiasi dan dalam beberapa kasus sebagai akibat dari kombinasi efek ini. Pengering industri bervariasi dalam jenis dan desain, tergantung pada metode utama perpindahan panas yang digunakan. Di dalam kebanyakan kasus, panas dipindahkan ke permukaan basah padat dan kemudian ke dalam benda padat tersebut. (Carl W. Hall, 2006)

2.2.3 Psychrometrics

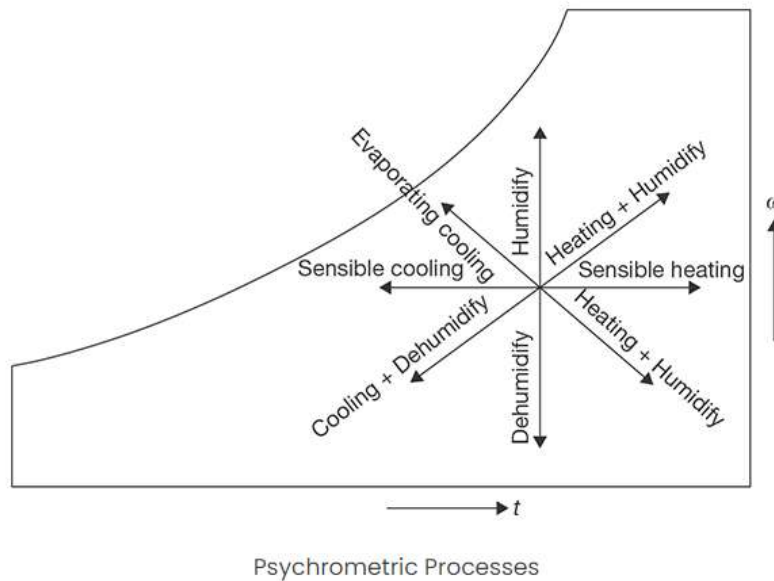
Psikrometrik merupakan disiplin ilmu yang mengkaji mengenai sifat termodinamika udara lembab. Hal ini digunakan untuk mengilustrasikan dan menganalisis karakteristik berbagai proses dan siklus pengkondisian udara. (Wang, 2001)

Sifat fisik udara dapat didefinisikan dengan sebagai berikut:

1. Temperatur *Dry-Bulb*, adalah temperatur yang terbaca oleh termometer.
2. Temperatur *Wet-Bulb*, adalah temperatur yang terbaca oleh termometer dengan ujung sensor termometer diberi kapas tipis yang basah.
3. Temperatur *Dew-Point*, adalah temperatur saat uap air akan mulai mengembun jika udara didinginkan, pada tekanan konstan.
4. *Humidity Ratio* (Rasio kelembapan), merupakan berat / massa air yang terkandung setiap kilogram udara kering.
5. *Relative Humidity* (Kelembapan Relatif), merupakan rasio dari jumlah kadar uap air di udara dengan jumlah kadar air maksimal yang dapat ditampung oleh udara tersebut pada suhu tertentu.
6. *Specific Volume*, adalah volume udara yang terkandung dalam setiap kilogram udara kering.
7. *Specific Enthalpy*, adalah jumlah energi (entalpi) yang terkandung dalam setiap kilogram udara.

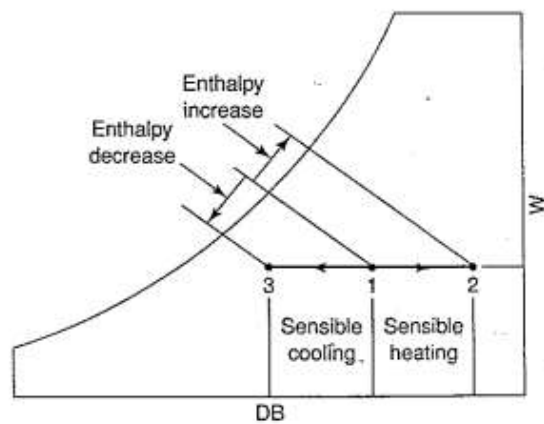
(Pita, 2002)

Proses yang terjadi pada udara dapat diplot pada grafik psikrometrik untuk kebutuhan visualisasi yang cepat. Bahkan grafik tersebut dapat digunakan untuk menentukan perubahan sifat penting pada udara, seperti temperatur, rasio kelembapan, dan entalpi pada suatu proses. Berikut merupakan beberapa proses dasar yang akan ditunjukkan pada grafik, meliputi proses pemanasan sensible, pendinginan sensible, pelembapan, penurunan kelembapan, pemanasan dan pelembapan, pemanasan dan penurunan kelembapan, pendinginan dan pelembapan, pendinginan dan penurunan kelembapan. (Stoecker & Jones, 1983)



Gambar 2. 2 Grafik Proses pada Psikrometrik (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2008)

- Proses Pemanasan Sensibel (*Sensible Heating*)
 Proses pemanasan sensibel terjadi saat adanya penambahan panas sensibel ke udara menyebabkan temperatur *dry-bulb* meningkat, namun tidak disertai perubahan pada kandungan uap air. Oleh sebab itu, arah pada proses tersebut harus berada di sepanjang garis *humidity ratio* yang konstan.
 Pemanasan sensibel (Proses 1-2) menghasilkan peningkatan pada temperatur *dry-bulb* dan entalpi. (Pita, 2002)



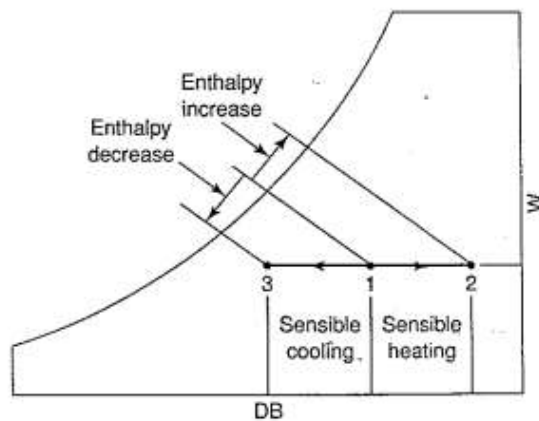
Gambar 2. 3 Grafik Proses Pemanasan Sensibel pada Psikrometrik

(Pita, 2002)

➤ Proses Pendinginan Sensibel (*Sensible Cooling*)

Untuk proses pendinginan sensibel terjadi ketika adanya pengambilan panas sensibel dari udara menyebabkan temperatur *dry-bulb* menurun, namun tidak disertai dengan adanya perubahan pada kandungan uap air. Oleh sebab itu, arah pada proses tersebut harus berada pada sepanjang garis *humidity ratio* yang konstan.

Pendinginan sensibel, proses 1-3 (pengambilan panas), menghasilkan penurunan temperatur *dry-bulb* dan entalpi. (Edward G. Pita, 2001)

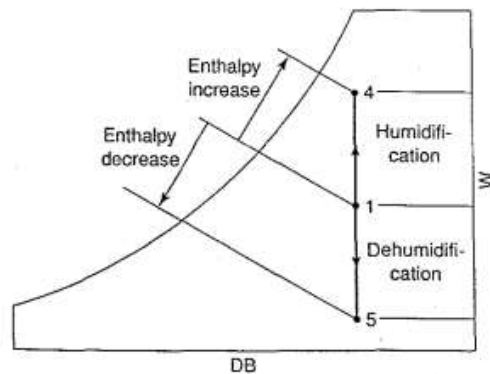


Gambar 2. 4 Grafik Proses Pendinginan Sensibel pada Psikrometrik (Pita, 2002)

➤ Proses Pelembapan (*Humidify*)

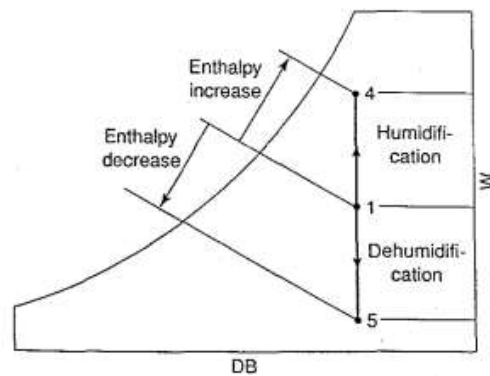
Proses penambahan uap air pada udara disebut pelembapan. Proses tersebut digambarkan pada gambar 2.5 proses 1-4. Proses pelembapan udara menghasilkan peningkatan pada *humidity ratio* dan entalpi. Entalpi pada udara meningkat disebabkan oleh penambahan entalpi uap air. Oleh sebab itu, proses ini dinamakan

perubahan panas laten. Proses ini terjadi tanpa adanya perubahan panas sensibel. (Pita, 2002)



Gambar 2. 5 Grafik Proses Pelembapan pada Psikrometrik (Pita, 2002)

➤ Proses Penurunan Kelembapan (Dehumidifying)

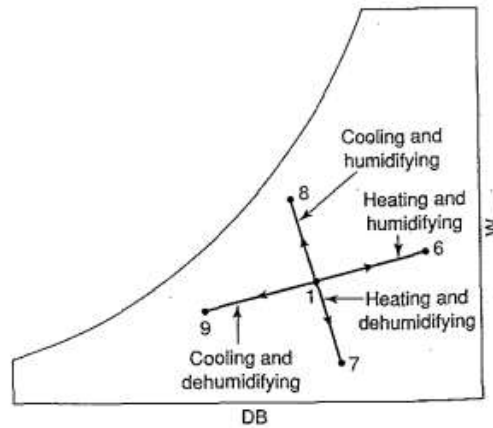


Gambar 2. 6 Grafik Proses Penurunan Kelembapan pada Psikrometrik (Pita, 2002)

Proses pengurangan uap air pada udara disebut penurunan kelembapan. Proses tersebut digambarkan pada gambar 2.6 proses 1-5. Proses penurunan kelembapan udara menghasilkan penurunan pada *humidity ratio* dan entalpi. Penurunan entalpi disebabkan oleh pengurangan entalpi uap air. Oleh sebab itu, proses ini dinamakan perubahan panas laten. Proses ini terjadi tanpa adanya perubahan panas sensibel. (Pita, 2002)

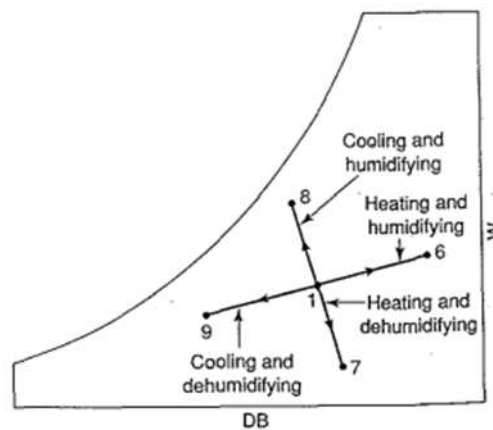
➤ Proses Pemanasan dan Pelembapan (*Heating and Humidifying*)

Pada proses ini udara dipanaskan disertai dengan penambahan uap air, yaitu dengan mengalirkan udara melewati ruangan semburan air atau uap yang temperaturnya lebih tinggi dari temperature udara. Di dalam grafik psikrometrik, proses pemanasan dan pelembapan dapat diilustrasikan pada garis 1-6 gambar 2.7. (Taylor, 2009)



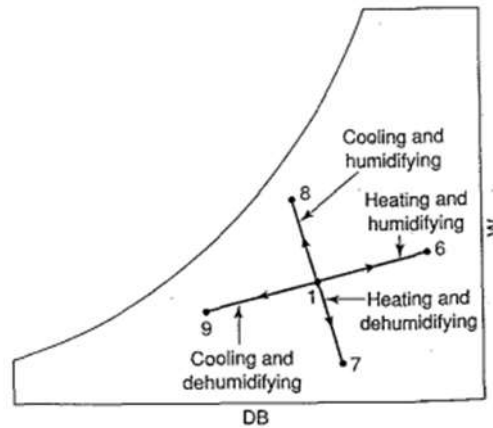
Gambar 2. 7 Grafik Proses Pemanasan dan Pelembapan pada Psikrometrik (Pita, 2002)

- Proses Pemanasan dan Penurunan Kelembapan (Heating and Dehumidifying)
 Pada gambar 2.8, garis 1-7 di bawah ini ditunjukkan proses pemanasan dan penurunan kelembapan yang terjadi pada grafik psychrometric. Pada proses ini udara didinginkan terlebih dulu hingga temperaturnya berada dibawah titik embun udara, pada kondisi ini udara akan mengalami pengembunan dan menyebabkan kandungan uap air akan berkurang, kemudian udara dilewatkan melalui koil pemanas sehingga menyebabkan temperatur udara akan meningkat. (Taylor, 2009)



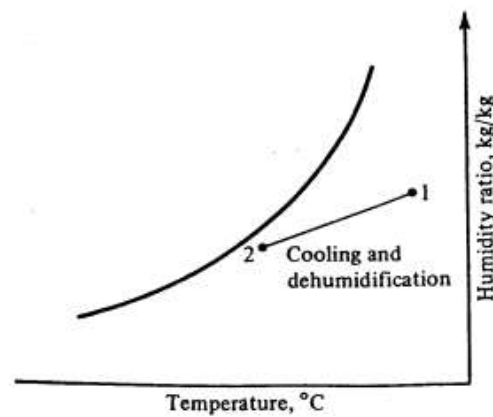
Gambar 2. 8 Grafik Proses Pemanasan dan Penurunan Kelembapan pada Psikrometrik (Pita, 2002)

- Proses Pendinginan dan Pelembapan (Cooling and Humidifying)
 Dalam proses yang ditunjukkan pada gambar 2.9 garis 1-8 ini dilakukan dengan melewati udara pada ruangan semburan air yang temperaturnya lebih rendah dari temperatur udara, tetapi lebih tinggi dari titik embun udara sehingga temperatur akan mengalami penurunan dan rasio kelembapan akan mengalami peningkatan. (Taylor, 2009)



Gambar 2. 9 Grafik Proses Pendinginan dan Pelembapan pada Psikrometrik (Pita, 2002)

- Proses Pendinginan dan Penurunan Kelembapan (Cooling and Dehumidifying)



Gambar 2. 10 Grafik Proses Pendinginan dan Penurunan Kelembapan pada Psikrometrik (Stoecker & Jones, 1983)

Pada gambar 2.10 garis 1-2 mengilustrasikan proses pendinginan dan penurunan kelembapan pada diagram psikrometrik. Proses ini adalah terjadi penurunan kalor laten dan kalor sensibel, dengan cara melewati udara pada koil pendingin atau ruangan semburan air dimana temperaturnya lebih rendah dari temperatur udara. (Taylor, 2009)

Dalam proses pengeringan dan pada *psychrometric chart* adanya beberapa istilah yang sering digunakan antara lain:

- *Moisture Content* basis basah Kadar air (moisture content) basis basah terdefinisi sebagai massa air dalam produk dibagi massa produk basah, dijelaskan secara detail dibawah ini. (Wang, 2001)

$$M.C(\%)bb = \frac{mp,basah - mp,kering}{mp,basah} \times 100 \% \quad (2.1)$$

dimana: MC(%) bb : Kadar air dari produk basis basah (%)

mp, kering : Massa bahan akhir dalam kondisi kering (kg)

mp, basah : Massa bahan awal dalam kondisi basah (kg)

•Rasio Kelembapan

Rasio kelembapan adalah massa dari uap air dibagi massa dari udara kering yang dirumuskan sebagai berikut. (Wang, 2001)

$$\omega = \frac{m_{uap\ air}}{m_{udara\ kering}} \quad (2.2)$$

dimana:

ω : rasio kelembapan udara (kg/kg)

$m_{udara\ kering}$: massa dari udara kering, (kg udara kering)

$m_{uap\ air}$: massa dari uap air (kg uap air)

•Drying Rate

Drying rate ini adalah banyaknya air yang menguap pada suatu bahan yaitu batubara dalam waktu tertentu, dirumuskan untuk drying rate sebagai berikut. (Wang, 2001)

$$Drying\ rate = \frac{\Delta MCwb}{\Delta t} \quad (2.3)$$

dimana:

$\Delta MCwb$: kadar air suatu bahan basis basah

Δt : waktu

•Fraksi Massa

Fraksi massa adalah perbandingan antara massa dari uap air dengan massa massa dari uap air ditambah dengan massa dari udara, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut. (Wang, 2001)

$$Y = \frac{m_{uap\ air}}{m_{uap\ air} + m_{udara\ kering}} \quad (2.4)$$

dimana:

Y : adalah fraksi massa

$m_{uap\ air}$: massa dari uap air (kg)

$m_{udara\ kering}$: massa dari udara kering (kg)

•Kelembapan Relatif (Relative Humidity)

Kelembapan relatif merupakan perbandingan dari fraksi molekul uap air didalam udara basah dengan fraksi molekul uap air jenuh pada tekanan dan temperatur yang sama. (Wang, 2001)

$$\phi = \frac{P_{uap}}{P_{jenuh}} \times 100\% \quad (2.5)$$

dimana:

Φ : kelembapan relatif penuh

P_{jenuh} : tekanan jenuh uap air (kPa)

P_{uap} : tekanan uap air (kPa)

2.2.4 Design of Experiment (DoE)

Design of Experiment atau desain percobaan adalah suatu teknik yang dilakukan untuk mendefinisikan dan menyelidiki semua kondisi yang melibatkan banyak faktor dalam sebuah eksperimen. Keterkaitan antara beberapa factor dalam sebuah eksperimen dapat dianalisa secara kuantitatif menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*). Dalam penggunaannya, ditemukan berbagai kendala misalnya keterbatasan waktu untuk melakukan eksperimen dengan variabel proses dan level yang cukup banyak dan keterbatasan biaya dalam melakukan sebuah eksperimen. Sehingga Dr. Taguchi mulai menggunakan sebuah metode untuk mengoptimalkan proses eksperimen di bidang teknik. (Roy R. , 1990)

Beberapa pertimbangan uang diusulkan oleh Dr. Taguchi saat menggunakan metode tersebut, yaitu:

1. *Definitions of quality* – Taguchi mendefinisikan kualitas berdasarkan perspektif dari dampak kerugian dari proses tersebut. Untuk mengoptimalkan kualitas produk maupun proses manufaktur, Taguchi mengusulkan 2 langkah, yaitu:

a. Menentukan kombinasi *Factor-level* yang tepat sehingga mengurangi variasi proses pelaksanaan.

b. Mengatur *factor-level* dengan tepat sehingga proses pelaksanaan mendekati target.

2. *Standardized DOE* – Dalam mendesain eksperimen, Taguchi menggunakan tabel khusus yang disebut *orthogonal arrays*.

3. *Robust design strategy* – strategi ini digunakan untuk meminimalisasi adanya variasi-variasi yang tersebar di sekitar target.

4. *Loss function* – merupakan rumus matematika yang terkait dengan fungsi kerugian yang diusulkan oleh Taguchi, sehingga dapat memprediksi penghematan biaya.

5. *Signal-to-Noise (S/N) analysis* – untuk menganalisa hasil dari uji *multiple-sample* penggunaan *signal-to-noise ratio* mempermudah analisa desain eksperimen.

(Roy R. K., 2010)

2.2.5 Rancangan Faktorial

Dalam eksperimen, pengaruh satu faktor tidak pernah berdiri sendiri, tetapi saling berinteraksi dengan faktor lain dalam menentukan suatu kejadian. Faktor-faktor tersebut secara alami ada dalam berbagai tingkatan atau taraf sehingga adanya interaksi antara faktor

pada berbagai taraf merupakan suatu kejadian yang biasa terjadi. dalam percobaan factorial, *factor* adalah sejenis perlakuan dan *taraf* adalah banyak perlakuan dalam satu faktor.

1. Jika faktor yang diuji bersifat kuantitatif, perlakuan umumnya berupa level atau taraf.
2. Jika faktor yang diuji bersifat kualitatif, perlakuannya berupa varietas (V) atau *strain* (S) dan sebagainya.

Percobaan yang menggunakan dua faktor atau lebih secara serentak dengan perlakuan berupa kombinasi antara taraf dari satu faktor dengan taraf dari faktor lain disebut *percobaan factorial*.

Dalam desain factorial, variabel eksperimen dan variabel atribut biasanya dibagi atas beberapa level. contoh desain factorial 2x2 (2 level variabel dan 2 level atribut), sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Tabel 2 faktorial

Variabel Atribut (B)	Variabel Eksperimen (A)		Jumlah
	Perlakuan A1	Perlakuan A2	
Level B1	A1B1	A2B1	B1
Level B2	A1B2	A2B2	B2
Jumlah			

Berdasarkan desain factorial 2x2 tersebut peneliti dapat menentukan:

1. Pengaruh utama (*main effect*) variabel eksperimen (A) terhadap variabel terikat tanpa mempertimbangkan pengaruh variabel atribut.
2. Pengaruh utama (*main effect*) variabel atribut (B) terhadap variabel terkait tanpa mempertimbangkan pengaruh variabel eksperimen.
3. Pengaruh interaksi antara variabel eksperimen (A) dan variabel atribut (B) terhadap variabel terikat. (dan bila hasilnya signifikan dapat dilanjutkan dengan uji lanjut untuk mengetahui pengaruh *simple effect*).
4. Pengaruh sederhana (*simple effect*) perlakuan A1 terhadap masing-masing level variabel atribut B (B1, B2).
5. Pengaruh sederhana (*simple effect*) perlakuan A2 terhadap masing-masing level variabel atribut B (B1, B2)

Eksperimen dengan desain factorial memungkinkan pula, bagi peneliti untuk memanipulasi lebih dari satu variabel bebas (sebagai *treatment*) secara bersamaan.

Langkah-langkah analisis dapat ditempuh sebagai berikut:

1. Merumuskan Hipotesis

Hipotesis yang diajukan oleh peneliti dapat terdiri dari berikut:

- $H_0 : (1) \tau_1 = \tau_2$
- (2) $\tau_1 = \tau_2$
- (3) Inter AB=0

- $H_1 : (1) \tau_1 \neq \tau_2$
 (2) $\tau_1 \neq \tau_2$
 (3) Inter AB $\neq 0$

2. Menyusun Tabel Kerja

Tabel Statistik induk dalam rangka uji hipotesis dengan Anava AB ditunjukkan pada Tabel 2.2, di bawah ini.

Tabel 2. 2 Tabel ANAVA AB

(A) (B)	A ₁	A ₂	Total
B ₁	n ΣX ΣX^2 X^2	n ΣX ΣX^2 X^2	n ΣX ΣX^2 X^2
B ₂	n ΣX ΣX^2 X^2	n ΣX ΣX^2 X^2	n ΣX ΣX^2 X^2
Total	n ΣX ΣX^2 X^2	n ΣX ΣX^2 X^2	N ΣX ΣX^2 X^2

3. Substitusi Data ke dalam Rumus

$$a. JK_{tot} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \quad (2.1)$$

$$b. JK_{antar A} = \sum \frac{(\sum X_A)^2}{n_A} - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \quad (2.2)$$

$$c. JK_{antar B} = \sum \frac{(\sum X_B)^2}{n_B} - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \quad (2.3)$$

$$d. JK_{antar AB} = \sum \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} - \left(\frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \right) - JK_A - JK_B \quad (2.4)$$

$$e. JK_{dal} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} \quad (2.5)$$

$$f. JK_{tot} = JK_A + JK_B + JK_{AB} + JK_{dal} \quad (2.6)$$

$$db_A = a-1 \quad (2.7)$$

$$db_B = b-1 \quad (2.8)$$

$$db_{interA} = db A \times db B \quad (2.9)$$

$$db_{dalam} = N-ab \quad (2.10)$$

$$RJK_A = JK_A : db_A \quad (2.11)$$

$$RJK_B = JK_B : db_B \quad (2.12)$$

$$RJK_{AB} = JK_{AB} : db_{AB} \quad (2.13)$$

$$RJK_{dal} = JK_{dal} : db_{dal} \quad (2.14)$$

$$F_A = RJK_A : RJ_{dalam} \quad (2.15)$$

$$F_B = RJK_B : RJ_{dalam} \quad (2.16)$$

$$F_{AB} = RJK_{AB} : RJ_{dalam} \quad (2.17)$$

4. Menarik Kesimpulan

Dengan adanya pengaruh interaksi yang signifikan dilanjutkan dengan uji lanjut untuk mengetahui *simple effect*. rumus yang digunakan dapat dipilih yaitu uji t-Scheffe atau uji Tukey, sebagai berikut:

$$\text{Rumus Tukey : } Q = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{RJK_{dal}}{n}}} db \rightarrow Q = n \text{ dan } m \quad (2.18)$$

1. A1B1-A2B1 :

$$\frac{\bar{Y}_{A1B1} - \bar{Y}_{A2B1}}{\sqrt{\frac{RJK_D}{n}}}, \text{ di mana } Q = \text{Koefisien Tukey} \quad (2.19)$$

2. A1B2-A2B2 :

$$\frac{\bar{Y}_{A1B2} - \bar{Y}_{A2B2}}{\sqrt{\frac{RJK_D}{n}}}, \text{ di mana } Q = \text{Koefisien Tukey} \quad (2.20)$$

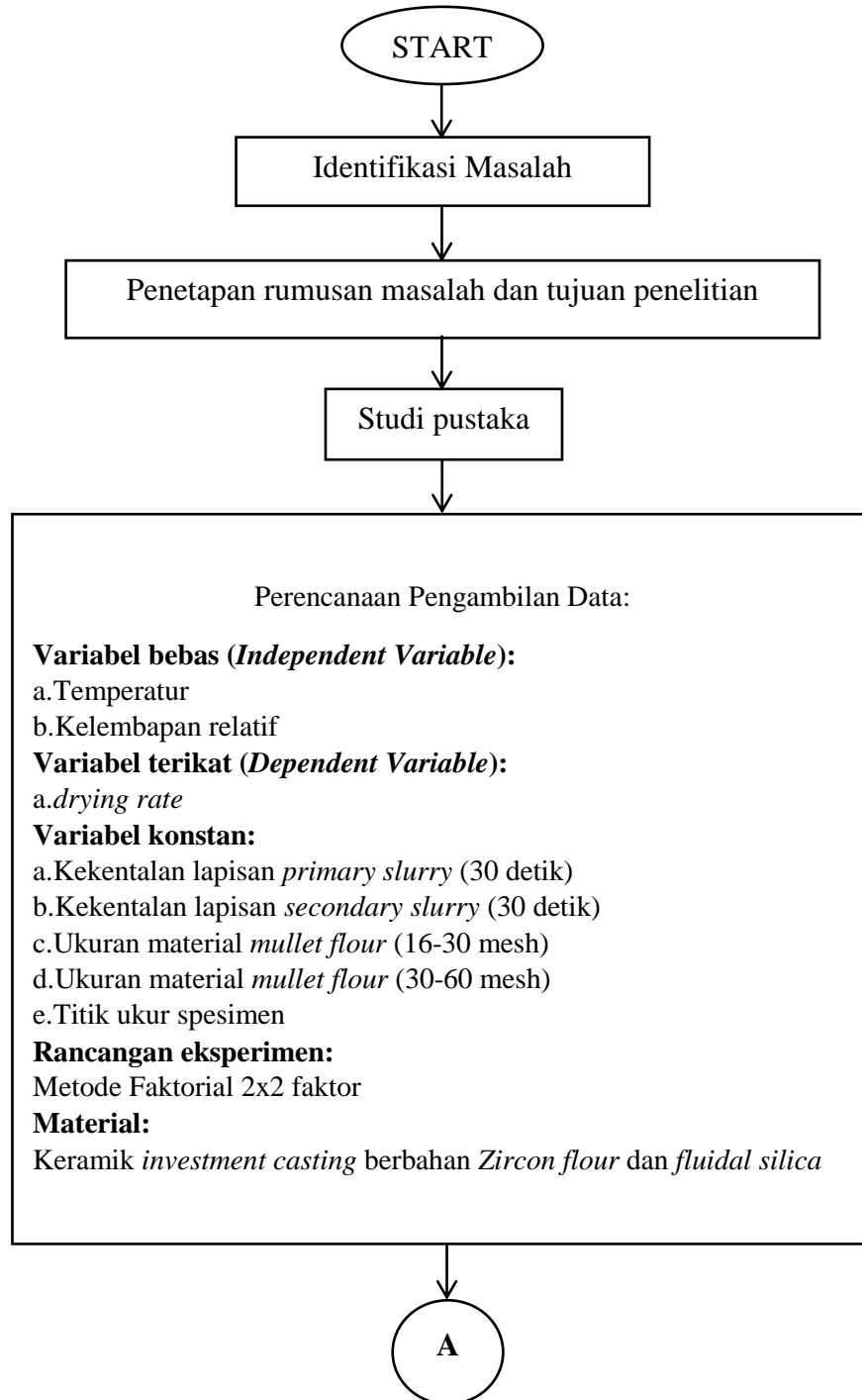
(Dantes, 2017)

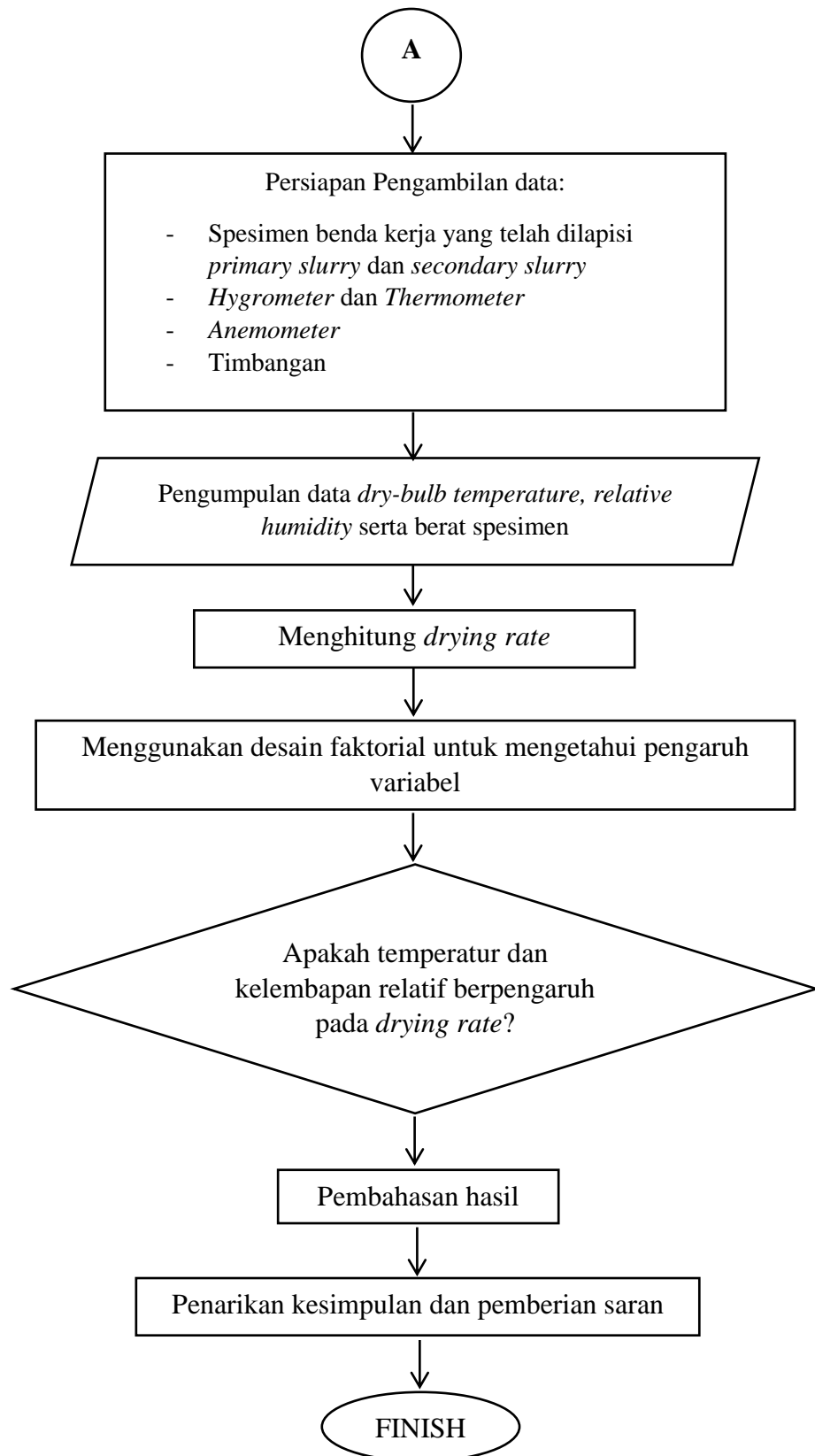
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara umum langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini akan ditunjukkan pada diagram alir pada gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Variabel Penelitian

Untuk mendapatkan data eksperimen pada proses pengeringan material keramik, maka variabel-variabel yang akan digunakan untuk penelitian sebagai berikut:

1. Variabel Bebas (*Independent*)

Variabel proses adalah variabel yang dapat dikendalikan dan nilainya dapat ditentukan. Terdapat tiga variabel proses yang digunakan pada penelitian ini yaitu temperatur yang memiliki 2 level (22°C, dan 27°C), kelembapan relatif yang memiliki 2 level (67%, dan 74%)

2. Variabel Terikat (*Dependent*)

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan dan nilainya dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, serta hasilnya diketahui setelah eksperimen. Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah *drying rate*

3. Variabel Konstan

Variabel konstan merupakan variabel proses yang tidak diteliti. Variabel konstan yang digunakan pada penelitian ini adalah kekentalan lapisan *primary slurry* dan *secondary slurry* (viskositas 30 detik, *zahn cup* 5), ukuran material *mullet flour* (16-30, dan 30-60 mesh), dimensi rak yang digunakan untuk menggantung produk yang akan diuji.

3.3 Jenis dan Sumber Data

3.3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan penelitian kuantitatif, karena data yang diperoleh nanti berupa angka. Dari angka yang diperoleh akan dianalisis lebih lanjut dalam analisis data. Penelitian ini terdiri atas 2 variabel, yaitu temperature, dan *relative humidity* sebagai variabel bebas (*independent*) dan nilai *drying rate* sebagai variabel terikat (*dependent*).

3.3.2 Sumber Data

Sumber data adalah segala sesuatu yang dapat memberikan informasi mengenai data. Dalam penelitian ini penulis menggunakan sumber data berupa nilai temperatur dan kelembapan relatif yang berasal dari hasil pengamatan proses dipping *investment casting* PT XYZ.



Gambar 3. 2 Spesimen Pengamatan Proses Dipping

3.4 Bahan dan Peralatan Pengamatan

Bahan dan peralatan yang digunakan pada pengamatan ini adalah sebagai berikut :

3.4.1 Bahan Pengamatan

1. *Ceramic slurry*

Terdapat 2 jenis *ceramic slurry* yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

Untuk lapisan 1 dan 2 menggunakan *primary slurry* dengan komposisi yang dijabarkan pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Komposisi Bahan *Primary Slurry*

No	<i>Primary Slurry</i>	
	Nama Bahan	Jumlah
1	Zircon Flour	40 kg
2	Fluidal Silica	11 kg
3	Wetting Agent	7,5 ml
4	Anti Foam	4,45 ml

Sedangkan, lapisan 3,4,5, dan 6 akan menggunakan *secondary slurry* dengan komposisi yang dijabarkan pada tabel 3.2

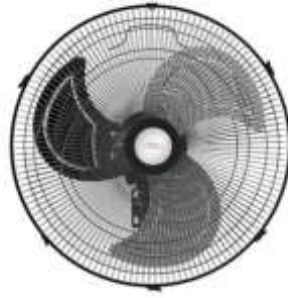
Tabel 3. 2 Komposisi Bahan *Secondary Slurry*

No	<i>Secondary Slurry</i>	
	Nama Bahan	Jumlah
1	Mullet Flour	50 kg
2	Fluidal Silica	25 kg

3.4.2 Peralatan Pengamatan

1. Kipas Angin

Kipas angin yang digunakan pada proses pengeringan untuk mendistribusikan aliran udara adalah merek Maspion dengan tipe PW-506W. Dengan dimensi 20 inch (50cm) memiliki kemampuan daya 80 Watt. ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. 3 Kipas Angin Maspion PW-506W

2. De-humidifier

De-humidifier yang digunakan adalah jenis *industrial de-humidifier* merek *conloon* dengan model DH-5240-C seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3. Mesin ini memiliki kemampuan *humidity removal* sebesar 240 L/D atau 10 L/H dengan rentang suhu kerja sebesar 5~38°C menggunakan *refrigerant* R22/R407c dan memiliki kemampuan kerja pada ukuran ruangan sebesar 250~300m². Mesin ini memiliki dimensi panjang 405mm dengan lebar 605mm serta tinggi 1620mm.



Gambar 3. 4 Dehumidifier

3. Air Conditioner

Air-conditioner yang digunakan adalah jenis *air-conditioner floor standing non-inverter* merek *Daikin* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4. mesin ini memiliki kapasitas 3 PK dengan kemampuan kapasitas pendinginan sebesar 20.000 Btu/h. mesin ini memiliki dimensi dengan panjang 1850mm dan lebar 600mm serta tinggi 270mm.



Gambar 3. 5 Air Conditioner

4. *Thermometer Hygrometer Digital*

Thermometer hygrometer digital yang digunakan untuk mengukur temperatur *dry-bulb* dan *relative humidity* pada ruangan adalah merek SNDWAY dengan tipe SW-572 memiliki range pengukuran suhu -20°C - 60°C dengan akurasi suhu $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ dan memiliki range pengukuran *relative humidity* 0% - 100% dengan akurasi kelembaban $\pm 3\%$ RH yang ditunjukkan pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Digital Thermometer Hygrometer

5. *Timbangan digital*

Alat pengukur berat yaitu *Henherr digital* dengan tipe *Hybrid* 500 kg /100 g digunakan untuk mengukur berat spesimen uji hasil proses pengeringan dan ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Timbangan *digital*

6. HP Pavilion Notebook 14” ab025tx

Notebook HP Pavilion digunakan untuk menampilkan dan mengolah data hasil eksperimen, ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 HP Pavilion *Notebook* 14” ab025tx

3.5 Proses Pengamatan

Proses Pengamatan dimulai setelah spesimen telah dilapisi lapisan *slurry* digantungkan pada rak. Kemudian mengukur temperatur dan kelembapan pada setiap penempatan posisi rak pada ruangan dipping setelah itu mengukur berat 1 buah spesimen yang diambil dari setiap rak. Untuk mengetahui pengaruh interaksi antara variabel temperatur dan kelembapan relatif digunakan metode faktorial 2x2.

3.6 Desain Eksperimen dengan Faktorial

Desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Faktorial 2x2. Dalam menggunakan metode ini ada beberapa tahap dalam penyusunannya, langkah-langkah yang dilakukan dijelaskan sebagai berikut;

3.6.1 Mendefinisikan jumlah faktor dan levelnya

Dari jenis variabel yang telah dijelaskan disubab sebelumnya, selanjutnya menyusun variabel dengan nilai dan rentang level yang digunakan dalam metode faktorial. Berikut ditunjukkan pada Tabel 3.1 mengenai parameter proses, kode dan level yang digunakan.

Tabel 3. 3 Kode parameter proses

Kode	Temperature (°C)	Kelembapan relatif (%)
A	22	74
B	27	67

3.6.2 Merumuskan Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dapat terdiri dari berikut.

H_0 : (a) Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C

(b) Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%

(c) Tidak terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

H_1 : (a) Terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C

(b) Terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%

(c) Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

Hipotesis Statistik :

$$H_0 : (1) \tau_1 = \tau_2$$

$$(2) \tau_1 = \tau_2$$

$$(3) \text{Inter AB}=0$$

$$H_1 : (1) \tau_1 \neq \tau_2$$

$$(2) \tau_1 \neq \tau_2$$

$$(3) \text{Inter AB} \neq 0$$

3.6.3 Menyusun Tabel Kerja

Tabel Statistik induk dalam rangka uji hipotesis dengan Anava AB ditunjukkan pada Tabel 2.3, di bawah ini.

Tabel 2. 3 Tabel ANAVA AB

(A) \ (B)	A ₁	A ₂	Total
B ₁	n ΣX ΣX ² X ²	n ΣX ΣX ² X ²	n ΣX ΣX ² X ²
B ₂	n ΣX ΣX ² X ²	n ΣX ΣX ² X ²	n ΣX ΣX ² X ²
Total	n ΣX ΣX ² X ²	n ΣX ΣX ² X ²	N ΣX ΣX ² X ²

3.6.4 Substitusi Data ke dalam Rumus

a. Menghitung nilai $JK_{tot} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N}$ (3.1)

b. Menghitung nilai $JK_{antar A} = \sum \frac{(\sum X_A)^2}{n_A} - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N}$ (3.2)

c. Menghitung nilai $JK_{antar B} = \sum \frac{(\sum X_B)^2}{n_B} - \frac{(\sum X_{tot})^2}{N}$ (3.3)

d. Menghitung nilai $JK_{antar AB} = \sum \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} - \left(\frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \right) - JK_A - JK_B$ (3.4)

e. Menghitung nilai $JK_{dal} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}}$ (3.5)

f. Menghitung nilai $JK_{tot} = JK_A + JK_B + JK_{AB} + JK_{dal}$ (3.6)

Menghitung nilai $db_A = a-1$ (3.7)

Menghitung nilai $db_B = b-1$ (3.8)

Menghitung nilai $db_{interA} = db A \times db B$ (3.9)

Menghitung nilai $db_{dalam} = N-ab$ (3.10)

Menghitung nilai $RJK_A = JK_A : db_A$ (3.11)

Menghitung nilai $RJK_B = JK_B : db_B$ (3.12)

Menghitung nilai $RJK_{AB} = JK_{AB} : db_{AB}$ (3.13)

Menghitung nilai $RJK_{dal} = JK_{dal} : db_{dal}$ (3.14)

$$\text{Menghitung nilai } F_A = RJK_A : RJ_{\text{dalam}} \quad (3.15)$$

$$\text{Menghitung nilai } F_B = RJK_B : RJ_{\text{dalam}} \quad (3.16)$$

$$\text{Menghitung nilai } F_{AB} = RJK_{AB} : RJ_{\text{dalam}} \quad (3.17)$$

3.6.5 Menarik Kesimpulan

Dengan adanya pengaruh interaksi yang signifikan dilanjutkan dengan uji lanjut untuk mengetahui *simple effect*. rumus yang digunakan dapat dipilih yaitu uji t-Scheffe atau uji Tukey, sebagai berikut:

$$\text{Rumus Tukey : } Q = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{RJK_{dal}}{n}}} db \rightarrow Q = n \text{ dan } m \quad (3.18)$$

1. A1B1-A2B1 :

$$\frac{\bar{Y}_{A1B1} - \bar{Y}_{A2B1}}{\sqrt{\frac{RJK_D}{n}}}, \text{ di mana } Q = \text{Koefisien Tukey} \quad (3.19)$$

2. A1B2-A2B2 :

$$\frac{\bar{Y}_{A1B2} - \bar{Y}_{A2B2}}{\sqrt{\frac{RJK_D}{n}}}, \text{ di mana } Q = \text{Koefisien Tukey} \quad (3.20)$$

BAB IV ANALISA dan PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Deskripsi Data

a. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di ruang proses dipping pabrik PT. XYZ pada bulan Juni 2022 dengan populasi penelitian adalah pohon *clamp cable protector*. Jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4 . 1 Waktu Penelitian

Lapisan ke-	Shift	Waktu
1	1	09.15-10.15
2	1	11.15-17.15
3	2	18.15-21.15
4	2	22.15-07.15
5	1	08.15-17.45
6	2	18.15-08.15

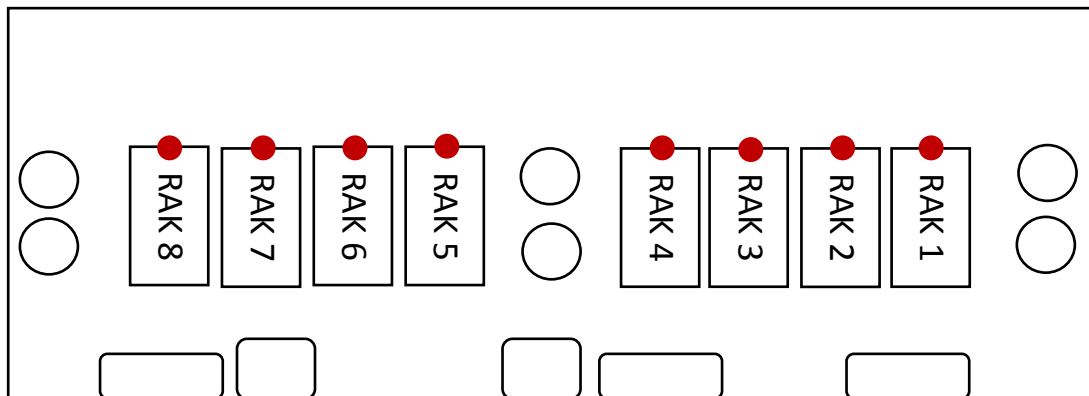
Metode Pengambilan data:

a.) Tahap Persiapan

Mempersiapkan Campuran *slurry* 1 dan 2, serta mengisi *chamotte sand* pada alat *sand showering*

b.) Tahap Pengambilan Data

Setelah spesimen sudah dilapisi lapisan *slurry* dan ditaburi dengan *chamotte sand*. Pohon keramik digantung pada rak pada ruangan pengering dengan denah sebagai berikut.



Gambar 4 . 1 Denah Ruang Dipping

Pada gambar 4.1, terlihat bahwa pada ruang *dipping* terdapat 8 rak yang berfungsi dengan baik dan yang akan digunakan. Setiap rak terdapat 20 penggantung. Untuk pengambilan data, spesimen yang akan diamati berada pada titik warna merah yang ditunjukkan pada gambar diatas. Alasan memilih *spot* tersebut untuk pengambilan data agar memudahkan pengukuran temperatur dan kelembapan karena jarak antar rak yang sempit dan spesimen yang mudah untuk pecah. Setelah itu, dimulai dari lapisan 1 pada shift 1, temperatur dan kelembapan serta pengukuran berat spesimen akan diukur tiap satu jam pada titik warna merah tersebut. Saat proses pengeringan berlangsung suhu yang terukur berada pada suhu terendah 22°C hingga suhu tertingginya mencapai 27°C. Selanjutnya kelembapan relatif diukur selama proses pengeringan berlangsung pada titik warna merah tersebut dan didapatkan kelembapan relatif terendah 67% dan nilai tertingginya 74%.

b. Hasil Analisis Statistik

Setelah melakukan penelitian maka diperoleh data sebagai berikut:

- 1) Data yang disajikan berupa *drying rate* spesimen lapisan ke-1 dengan perbandingan antara nilai minimal dengan maksimum temperatur dan kelembapan relatif pada ruangan dipping
- 2) Data yang disajikan berupa *drying rate* spesimen lapisan ke-2 dengan perbandingan antara nilai minimal dengan maksimum temperatur dan kelembapan relatif pada ruangan dipping
- 3) Data yang disajikan berupa *drying rate* spesimen lapisan ke-3 dengan perbandingan antara nilai minimal dengan maksimum temperatur dan kelembapan relatif pada ruangan dipping
- 4) Data yang disajikan berupa *drying rate* spesimen lapisan ke-4 dengan perbandingan antara nilai minimal dengan maksimum temperatur dan kelembapan relatif pada ruangan dipping
- 5) Data yang disajikan berupa *drying rate* spesimen lapisan ke-5 dengan perbandingan antara nilai minimal dengan maksimum temperatur dan kelembapan relatif pada ruangan dipping
- 6) Data yang disajikan berupa *drying rate* spesimen lapisan ke-6 dengan perbandingan antara nilai minimal dengan maksimum temperatur dan kelembapan relatif pada ruangan dipping

1) Hasil Analisis *drying rate* Spesimen Lapisan ke-1

Pelaksanaan pengamatan dilaksanakan di ruang dipping PT. XYZ dilakukan selama 1 jam dari pukul 09.15 hingga 10.15 pada shift 1 dengan objek pengamatan berat pohon *clamp cable protector* sebelum dilapisi dengan lapisan *slurry* dan yang telah dilapisi lapisan *slurry* yang terdiri dari campuran *zircon flour*, *fluidal silica*, *wetting agent*, dan *anti foam* dengan viskositas 5 Zahn cup. Kemudian ditaburi dengan *chamotte sand* ukuran 16-30 mesh menggunakan alat *sand showering*. Lalu temperatur dan kelembapan relatif diukur di titik yang memiliki nilai yang tertinggi dan terendah selama proses pengeringan. Nilai temperatur terendah memiliki nilai 22°C diidentifikasi sebagai variabel A1, nilai temperatur tertinggi memiliki nilai 27°C dan diidentifikasi

sebagai variabel A2, kemudian nilai kelembapan relatif tertinggi diidentifikasi sebagai variabel B1 memiliki nilai 74% serta nilai kelembapan relatif terendah memiliki nilai 67% yang diidentifikasi sebagai B2. Hasil pengamatan pada lapisan ke-1 disajikan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Tabel Data Hasil Pengamatan Lapisan 1

22°C		27°C	
74%	67%	74%	67%
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.016	0.032	0.064	0.041
0.015	0.024	0.072	0.039
0.013	0.033	0.081	0.052
0.0172	0.0245	0.0961	0.0407
0.0156	0.0245	0.0725	0.0473
0.0131	0.0321	0.0755	0.0521
0.0154	0.0262	0.0831	0.0382
0.0182	0.0354	0.0952	0.0425

2) Hasil Analisis *drying rate* Spesimen Lapisan ke-2

Setelah permukaan spesimen lapisan ke-1 telah kering, pengamatan untuk lapisan ke-2 akan dilakukan selama 6 jam pada shift 1 mulai pukul 11.15 hingga 17.15, objek pengamatan berupa berat pohon *clamp cable protector* sebelum dan sesudah dilapisi dengan lapisan *slurry* yang terdiri dari campuran *mullet flour* dan *fluidal silica* lalu ditaburi dengan *chamotte sand* dengan ukuran 30-60 *mesh* menggunakan alat *sand showering* agar merata. Kemudian data diambil dengan kondisi ruangan dipping pada temperatur dan kelembapan relatif tertinggi dan terendah. Dengan nilai terendah pada temperatur sebesar 22°C yang diidentifikasikan sebagai A1, dan nilai tertinggi memiliki nilai 27°C dan diidentifikasikan sebagai A2, dan nilai kelembapan relatif tertinggi dengan nilai 74% diidentifikasi sebagai B1 serta nilai kelembapan relatif terendah dengan nilai 67% yang diidentifikasi sebagai B2. Hasil pengamatan pada lapisan ke-2 disajikan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Tabel Data Hasil Pengamatan Lapisan 2

22°C		27°C	
74%	67%	74%	67%
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.0132	0.037	0.075	0.052
0.0148	0.026	0.083	0.047
0.0127	0.0271	0.0715	0.0381
0.0152	0.0215	0.072	0.041
0.0163	0.0318	0.081	0.0516
0.0118	0.031	0.0912	0.0432
0.0167	0.0247	0.0927	0.0392
0.0123	0.0362	0.094	0.045

3) Hasil analisis *drying rate* spesimen lapisan ke-3

Pengamatan untuk lapisan ke-3 akan dilaksanakan saat shift 2 yaitu mulai pukul 18.15-21.15, objek yang akan diamati yaitu berat spesimen sebelum dicelup dengan lapisan *slurry* yang terdiri dari campuran *mullet flour* dan *fluidal silica*. Setelah itu, mengambil data temperatur dan kelembapan relatif saat mencapai nilai tertinggi dan nilai terendah di ruang dipping PT. XYZ selama proses pengeringan berlangsung. Nilai terendah temperatur memiliki nilai 22°C yang diidentifikasi sebagai A1 dan nilai tertinggi temperatur mencapai nilai 27°C yang diidentifikasi sebagai A2, dan nilai kelembapan relatif tertinggi mencapai nilai 74% yang diidentifikasi sebagai B1 sedangkan nilai kelembapan relatif terendah bernilai 67% yang diidentifikasi sebagai B2. Berikut di bawah ini merupakan hasil pengamatan pada lapisan ke-3.

Tabel 4. 3 Tabel Data Hasil Pengamatan Lapisan 3

22°C		27°C	
74%	67%	74%	67%
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.019	0.026	0.082	0.0414
0.0123	0.0321	0.0723	0.053
0.014	0.0345	0.0916	0.0425
0.0118	0.0251	0.074	0.051
0.013	0.024	0.093	0.038
0.0164	0.0216	0.086	0.0371
0.0157	0.0318	0.0926	0.043
0.017	0.027	0.087	0.036

4) Hasil analisis *drying rate* spesimen lapisan ke-4

Pengamatan untuk lapisan ke-4 akan dilaksanakan setelah permukaan lapisan ke-3 kering. Pengamatan akan dilaksanakan mulai pukul 22.15 hingga pukul 07.15 pada shift 2. Objek yang akan diamati pada pengamatan ini, yaitu berat spesimen sebelum dan sesudah dilapisi lapisan *slurry* yang terdiri dari campuran *mullet flour* dan *fluidal silica* setelah itu ditaburi dengan *chamotte sand* dengan ukuran 30-60 *mesh* dengan alat *sand showering*. Setelah itu mengambil data temperatur dan kelembapan relatif dengan nilai terendah dan nilai tertingginya yang dapat dicapai selama proses pengeringan tersebut. Nilai temperatur terendah mencapai nilai 22°C yang diidentifikasi sebagai variabel A1 dan nilai temperatur tertinggi mencapai nilai 27°C yang diidentifikasi sebagai variabel A2. Untuk kelembapan relatif nilai tertinggi didapatkan nilai 74% yang diidentifikasi sebagai variabel B1 dan nilai kelembapan relatif terendah yang dicapai dengan nilai 67% yang diidentifikasi sebagai variabel B1. Berikut merupakan tabel hasil pengamatan pada lapisan ke-4 yang ditunjukkan di bawah ini.

Tabel 4. 4 Tabel Data Hasil Pengamatan Lapisan 4

22°C		27°C	
74%	67%	74%	67%
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.015	0.027	0.076	0.0391
0.0128	0.0342	0.0813	0.051
0.017	0.0261	0.0932	0.043
0.0145	0.032	0.073	0.0392
0.0132	0.0313	0.092	0.053
0.0157	0.024	0.083	0.0413
0.016	0.021	0.0745	0.045
0.0124	0.0351	0.091	0.0471

5) Hasil analisis *drying rate* spesimen lapisan ke-5

Pengamatan untuk lapisan ke-5 akan dilaksanakan pada shift 1 yang dimulai pukul 08.15 hingga 17.45. Objek yang akan diamati pada pengamatan ini, yaitu berat spesimen sebelum dilapisi dan sesudah dilapisi dengan lapisan *slurry* yang terdiri dari campuran *mullet flour* dan *fluidal silica* setelah itu ditaburi dengan *chamotte sand* dengan ukuran 200 *mesh* yang ditaburi dengan *sand showering*. Selanjutnya, mengambil data temperatur dan kelembapan relatif pada ruang dipping PT. XYZ. Nilai temperature yang didapatkan yaitu nilai terendah sebesar 22°C yang diidentifikasi sebagai A1 dan nilai tertinggi mencapai 27°C yang diidentifikasi sebagai A2. Selanjutnya, kelembapan relatif tertinggi mencapai 74% diidentifikasi sebagai B1 dan nilai terendah didapatkan sebesar 67% yang diidentifikasi sebagai B2. Tabel 4.5 di bawah ini menunjukkan hasil pengamatan pada lapisan ke-5.

Tabel 4. 5 Tabel Data Pengamatan Lapisan 5

22°C		27°C	
74%	67%	74%	67%
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.014	0.033	0.091	0.036
0.0153	0.0267	0.0813	0.041
0.0124	0.021	0.076	0.052
0.017	0.0313	0.097	0.046
0.013	0.0251	0.086	0.053
0.0163	0.0267	0.071	0.0457
0.0136	0.0342	0.076	0.038
0.015	0.024	0.093	0.051

6) Hasil analisis *drying rate* spesimen lapisan ke-6

Pengamatan untuk lapisan ke-6 dilaksanakan pada shift 2 yang dimulai pukul 18.15 hingga 08.15. Objek yang akan diamati yaitu berat spesimen sebelum dilapisi *slurry* dan sesudah dilapisi *slurry*. Lapisan *slurry* tersebut berupa campuran antara *mullet flour* dan *fluidal silica*. Setelah itu, temperatur dan kelembapan relatif selama pengeringan diamati dan dicatat. Nilai temperatur terendah yang didapatkan yaitu 22°C yang akan

diidentifikasi sebagai variabel A1, sedangkan untuk nilai temperatur tertinggi yang didapat selama proses pengeringan sebesar 27°C akan diidentifikasi sebagai variabel A2. Selain itu, pengamatan akan mendapatkan nilai kelembapan relatif tertinggi sebesar 74% yang akan diidentifikasi sebagai variabel B1, sedangkan untuk nilai kelembapan relatif terendah didapatkan dengan nilai 67% yang akan diidentifikasi sebagai variabel B2. Berikut di bawah ini menunjukkan proses pengeringan lapisan ke-6.

Tabel 4. 6 Tabel Data Pengamatan Lapisan 6

22°C		27°C	
74%	67%	74%	67%
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.0132	0.031	0.073	0.052
0.0145	0.0251	0.081	0.043
0.0176	0.0267	0.076	0.056
0.0136	0.0233	0.071	0.041
0.0123	0.033	0.083	0.036
0.0127	0.0342	0.091	0.046
0.0133	0.0247	0.0867	0.0367
0.0127	0.0267	0.093	0.0392

4.1.2 Uji Hipotesis

Setelah memperhatikan karakteristik variabel yang akan diteliti, selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis. Untuk keperluan tentang pengujian hipotesis digunakan uji statistik inferensial. Kriteria pengujiannya adalah jika nilai F_{hitung} lebih besar dari $F_{tab} = 0,05$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sebaliknya, jika nilai F_{hitung} lebih kecil dari $F_{tab} = 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Berikut merupakan penguraian dari hipotesis tersebut.

H_0 : (a) Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C

(b) Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%

(c) Tidak terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

H_1 : (a) Terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C

(b) Terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%

(c) Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

Hipotesis Statistik :

$$H_0 : (1) \tau_1 = \tau_2$$

$$(2) \tau_1 = \tau_2$$

$$(3) \text{Inter AB}=0$$

$$H_1 : (1) \tau_1 \neq \tau_2$$

- (2) $\tau_1 \neq \tau_2$
- (3) Inter AB $\neq 0$

4.1.3 Perhitungan Uji Hipotesis

Di bawah ini merupakan perhitungan untuk data hasil lapisan 1 :

Tabel 4. 7 Tabel Data Lapisan 1

22°C (A1)		27°C (A2)	
74% (B1)	67% (B2)	74% (B1)	67% (B2)
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.016	0.032	0.064	0.041
0.015	0.024	0.072	0.039
0.013	0.033	0.081	0.052
0.0172	0.0245	0.0961	0.0407
0.0156	0.0245	0.0725	0.0473
0.0131	0.0321	0.0755	0.0521
0.0154	0.0262	0.0831	0.0382
0.0182	0.0354	0.0952	0.0425

Untuk data pada tabel A1B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.016 + 0.015 + 0.013 + 0.0172 + 0.0156 + 0.0131 + 0.0154 + 0.0182) = 0.1235$$

$$\Sigma X^2 = (0.016 + 0.015 + 0.013 + 0.0172 + 0.0156 + 0.0131 + 0.0154 + 0.0182)^2 = 0.0152523$$

$$\bar{X} = (0.016 + 0.015 + 0.013 + 0.0172 + 0.0156 + 0.0131 + 0.0154 + 0.0182) / 8 = 0.0154375$$

Untuk data pada tabel A1B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.032 + 0.024 + 0.033 + 0.0245 + 0.0245 + 0.0321 + 0.0262 + 0.0354) = 0.2317$$

$$\Sigma X^2 = (0.032 + 0.024 + 0.033 + 0.0245 + 0.0245 + 0.0321 + 0.0262 + 0.0354)^2 = 0.0536849$$

$$\bar{X} = (0.032 + 0.024 + 0.033 + 0.0245 + 0.0245 + 0.0321 + 0.0262 + 0.0354) / 8 = 0.0289625$$

Untuk data pada tabel A2B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.064 + 0.072 + 0.081 + 0.0961 + 0.0725 + 0.0755 + 0.0831 + 0.0952) = 0.6394$$

$$\Sigma X^2 = (0.064 + 0.072 + 0.081 + 0.0961 + 0.0725 + 0.0755 + 0.0831 + 0.0952)^2 = 0.4088324$$

$$\bar{X} = (0.064 + 0.072 + 0.081 + 0.0961 + 0.0725 + 0.0755 + 0.0831 + 0.0952) / 8 = 0.079925$$

Untuk data pada tabel A2B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.041 + 0.039 + 0.052 + 0.0407 + 0.0473 + 0.0521 + 0.0382 + 0.0425) = 0.3528$$

$$\Sigma X^2 = (0.041+0.039+0.052+0.0407+0.0473+0.0521+0.0382+0.0425)^2 = 0.1244678$$

$$\bar{X} = (0.041+0.039+0.052+0.0407+0.0473+0.0521+0.0382+0.0425)/8 = 0.0441$$

Perhitungan A1B1, A1B2, A2B1, dan A2B2 dapat disimpulkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 1

(A) (B)	A ₁	A ₂	Total
B ₁	8 0.1235 0.0152523 0.0154375	8 0.6394 0.4088324 0.079925	16 0.7629 0.42408461 0.04768125
B ₂	8 0.2317 0.0536849 0.0289625	8 0.3528 0.1244678 0.0441	16 0.5845 0.17815273 0.03653125
Total	16 0.3552 0.0689371 0.0222	16 0.9922 0.5333002 0.0620125	64 2.6948 1.20447468 0.04210625

Substitusi Data ke dalam Rumus

a. Menghitung nilai $JK_{tot} = 1.20447468 - \frac{2.6948^2}{64} = 1.091$

b. Menghitung nilai $JK_{antar A} = \frac{0.3552^2}{16} + \frac{0.9922^2}{16} - \frac{2.6948^2}{64} = -0.0441$

c. Menghitung nilai $JK_{antar B} = \frac{0.7629^2}{16} + \frac{0.5845^2}{16} - \frac{2.6948^2}{64} = -0.0557$

d. Menghitung nilai $JK_{inter AB} = \sum \frac{(\Sigma X_{AB})^2}{n_{AB}} - \left(\frac{(\Sigma X_{tot})^2}{N} \right) - JK_A - JK_B$
 $= -0.0382 - (-0.441) - (-0.557) = 0.0616$

e. Menghitung nilai $JK_{dal} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\Sigma X_{AB})^2}{n_{AB}} = JK_{tot} - JK_A - JK_B - JK_{AB}$
 $= 1.091 - (-0.0441) - (-0.0557) - (-0.0382) = 1.229$

f. Menghitung nilai $JK_{tot} = JK_A + JK_B + JK_{AB} + JK_{dal}$
 $= -0.0441 + (-0.0557) + (-0.0382) + 1.229 = -0.0764$

Menghitung nilai $db_A = a-1 = 2-1=1$

Menghitung nilai $db_B = b-1 = 2-1 = 1$

Menghitung nilai $db_{interA} = db A \times db B = 1 \times 1 = 1$

Menghitung nilai $db_{\text{dalam}} = N - ab = 64 - (2 \times 2) = 60$

Menghitung nilai $RJK_A = JK_A : db_A = -0.0441 : 1 = -0.0441$

Menghitung nilai $RJK_B = JK_B : db_B = -0.0557 : 1 = -0.0557$

Menghitung nilai $RJK_{AB} = JK_{AB} : db_{AB} = 0.0616 : 1 = 0.0616$

Menghitung nilai $RJK_{\text{dalam}} = JK_{\text{dal}} : db_{\text{dal}} = 1.229 : 60 = 0.0205$

Menghitung nilai $F_A = RJK_A : RJK_{\text{dalam}} = -0.0441 / 0.0205 = -2.1512$

Menghitung nilai $F_B = RJK_B : RJK_{\text{dalam}} = -0.0557 / 0.0205 = -2.7171$

Menghitung nilai $F_{AB} = RJK_{AB} : RJK_{\text{dalam}} = 0.0616 / 0.0205 = 4.0049$

Tabel 4. 9 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB

Sumber Variasi	JK	db	RJK	F_h	F_{tab}
					5%
Antar _A	-0.0441	1	-0.0441	-2.1512	4.0011
Antar _B	-0.0557	1	-0.0557	-2.7171	4.0011
Inter _{AB}	0.0916	1	0.0916	4.0049	4.0011
Dalam	1.229	60	0.0205	-	-
Total	-0.0764	63	-	-	-

Pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa nilai F_h antar_A yang bernilai -2.1512 dan F_h antar_B yang memiliki nilai -2.7171, nilainya lebih kecil daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Selanjutnya untuk nilai F_h inter_{AB} memiliki nilai 8,0049 yang lebih besar daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Sehingga, apabila $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka terima H_1 terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Dan apabila $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$, maka terima H_0 tidak terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat.

Berdasarkan uji signifikansi di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C
- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%
- Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

Di bawah ini merupakan perhitungan untuk data hasil lapisan 2 :

Tabel 4. 10 Tabel Data Lapisan 2

22°C (A1)		27°C (A2)	
74% (B1)	67% (B2)	74% (B1)	67% (B2)
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.0132	0.037	0.075	0.052
0.0148	0.026	0.083	0.047
0.0127	0.0271	0.0715	0.0381
0.0152	0.0215	0.072	0.041
0.0163	0.0318	0.081	0.0516
0.0118	0.031	0.0912	0.0432
0.0167	0.0247	0.0927	0.0392
0.0123	0.0362	0.094	0.045

Untuk data pada tabel A1B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.0132+0.0148+0.0127+0.0152+0.0163+0.0118+0.0167+0.0123) = 0.113$$

$$\Sigma X^2 = (0.0132+0.0148+0.0127+0.0152+0.0163+0.0118+0.0167+0.0123)^2 = 0.012769$$

$$\bar{X} = (0.0132+0.0148+0.0127+0.0152+0.0163+0.0118+0.0167+0.0123)/8 = 0.014125$$

Untuk data pada tabel A1B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.037+0.026+0.0271+0.0215+0.0318+0.031+0.0247+0.0362) = 0.2353$$

$$\Sigma X^2 = (0.037+0.026+0.0271+0.0215+0.0318+0.031+0.0247+0.0362)^2 = 0.553661$$

$$\bar{X} = (0.037+0.026+0.0271+0.0215+0.0318+0.031+0.0247+0.0362)/8 = 0.0294125$$

Untuk data pada tabel A2B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.075+0.083+0.0715+0.072+0.081+0.0912+0.0927+0.094) = 0.6604$$

$$\Sigma X^2 = (0.075+0.083+0.0715+0.072+0.081+0.0912+0.0927+0.094)^2 = 0.43612816$$

$$\bar{X} = (0.075+0.083+0.0715+0.072+0.081+0.0912+0.0927+0.094)/8 = 0.08255$$

Untuk data pada tabel A2B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.052+0.047+0.0381+0.041+0.0516+0.0432+0.0392+0.045) = 0.3571$$

$$\Sigma X^2 = (0.052+0.047+0.0381+0.041+0.0516+0.0432+0.0392+0.045)^2 = 0.12752041$$

$$\bar{X} = (0.052+0.047+0.0381+0.041+0.0516+0.0432+0.0392+0.045)/8 = 0.0446375$$

Perhitungan A1B1, A1B2, A2B1, dan A2B2 dapat disimpulkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 2

(A) \ (B)	A ₁	A ₂	Total
B ₁	8 0.113 0.012769 0.014125	8 0.6604 0.43612816 0.08255	16 0.7734 0.4488972 0.0483375
B ₂	8 0.2353 0.0553661 0.0294125	8 0.3571 0.12752041 0.0446375	16 0.5924 0.1828865 0.037025
Total	16 0.3483 0.06813509 0.02176875	16 1.0175 0.56364857 0.06359375	64 2.7316 1.26356732 0.04268125

Substitusi Data ke dalam Rumus

a. Menghitung nilai $JK_{tot} = 1.2635673 - \frac{2.7316^2}{64} = 1.147$

b. Menghitung nilai $JK_{antar A} = \frac{0.3483^2}{16} + \frac{1.0175^2}{16} - \frac{2.7316^2}{64} = 0.0296$

c. Menghitung nilai $JK_{antar B} = \frac{0.7734^2}{16} + \frac{0.5924^2}{16} - \frac{2.7316^2}{64} = 0.0573$

d. Menghitung nilai $JK_{inter AB} = \sum \frac{(\Sigma X_{AB})^2}{n_{AB}} - \left(\frac{(\Sigma X_{tot})^2}{N} \right) - JK_A - JK_B$

$$= (-0.0376) - 0.0296 - (0.0573) = -0.09$$

e. Menghitung nilai $JK_{dal} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\Sigma X_{AB})^2}{n_{AB}} = JK_{tot} - JK_A - JK_B - JK_{AB}$

$$= 1.147 - 0.0296 - (0.0573) - (-0.09) = 1.1846$$

f. Menghitung nilai $JK_{tot} = JK_A + JK_B + JK_{AB} + JK_{dal}$

$$= 0.0296 + (0.0573) + (-0.08) + 1.1846 = 1.147$$

Menghitung nilai $db_A = a - 1 = 2 - 1 = 1$

Menghitung nilai $db_B = b - 1 = 2 - 1 = 1$

Menghitung nilai $db_{interA} = db_A \times db_B = 1 \times 1 = 1$

Menghitung nilai $db_{\text{dalam}} = N - ab = 64 - (2 \times 2) = 60$

Menghitung nilai $RJK_A = JK_A : db_A = 0.0296 : 1 = 0.0296$

Menghitung nilai $RJK_B = JK_B : db_B = 0.0573 : 1 = 0.0573$

Menghitung nilai $RJK_{AB} = JK_{AB} : db_{AB} = 0.09 : 1 = 0.09$

Menghitung nilai $RJK_{\text{dalam}} = JK_{\text{dal}} : db_{\text{dal}} = 1.1846 : 60 = 0.0197$

Menghitung nilai $F_A = RJK_A : RJK_{\text{dalam}} = 0.0296 / 0.0197 = 1.4996$

Menghitung nilai $F_B = RJK_B : RJK_{\text{dalam}} = 0.0573 / 0.0197 = 2.9008$

Menghitung nilai $F_{AB} = RJK_{AB} : RJK_{\text{dalam}} = 0.09 / 0.0197 = 4.5685$

Tabel 4. 12 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB

Sumber Variasi	JK	db	RJK	F_h	F_{tab}
					5%
Antar _A	0.0296	1	0.0296	1.4996	4.0011
Antar _B	0.0573	1	0.0573	2.9008	4.0011
Inter _{AB}	0.09	1	0.09	4.5685	4.0011
Dalam	1.1846	60	0.0197	-	-
Total	1.147	63	-	-	-

Pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa nilai F_h antar_A yang bernilai 1.4996 dan F_h antar_B yang memiliki nilai 2.9008, nilainya lebih kecil daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Selanjutnya untuk nilai F_h inter_{AB} memiliki nilai 4.5685 yang lebih besar daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Sehingga, apabila $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka terima H_1 terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Dan apabila $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$, maka terima H_0 tidak terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat.

Berdasarkan uji signifikansi di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C
- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%
- Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

Di bawah ini merupakan perhitungan untuk data hasil lapisan 3 :

Tabel 4. 13 Tabel Data Lapisan 3

22°C (A1)		27°C (A2)	
74% (B1)	67% (B2)	74% (B1)	67% (B2)
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.019	0.026	0.082	0.0414
0.0123	0.0321	0.0723	0.053
0.014	0.0345	0.0916	0.0425
0.0118	0.0251	0.074	0.051
0.013	0.024	0.093	0.038
0.0164	0.0216	0.086	0.0371
0.0157	0.0318	0.0926	0.043
0.017	0.027	0.087	0.036

Untuk data pada tabel A1B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.019+0.0123+0.014+0.0118+0.013+0.0164+0.0157+0.017)= 0.1192$$

$$\Sigma X^2 = (0.019+0.0123+0.014+0.0118+0.013+0.0164+0.0157+0.017)^2= 0.0142086$$

$$\bar{X} = (0.019+0.0123+0.014+0.0118+0.013+0.0164+0.0157+0.017)/8= 0.0149$$

Untuk data pada tabel A1B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.026+0.0321+0.0345+0.0251+0.024+0.0216+0.0318+0.027)= 0.2221$$

$$\Sigma X^2 = (0.026+0.0321+0.0345+0.0251+0.024+0.0216+0.0318+0.027)^2=0.0493284$$

$$\bar{X} = (0.026+0.0321+0.0345+0.0251+0.024+0.0216+0.0318+0.027)/8= 0.0277625$$

Untuk data pada tabel A2B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.082+0.0723+0.0916+0.074+0.093+0.086+0.0926+0.087)= 0.6785$$

$$\Sigma X^2 = (0.082+0.0723+0.0916+0.074+0.093+0.086+0.0926+0.087)^2= 0.46036225$$

$$\bar{X} = (0.082+0.0723+0.0916+0.074+0.093+0.086+0.0926+0.087)/8= 0.0848125$$

Untuk data pada tabel A2B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.0414+0.053+0.0425+0.051+0.038+0.0371+0.043+0.036)= 0.342$$

$$\Sigma X^2 = (0.0414+0.053+0.0425+0.051+0.038+0.0371+0.043+0.036)^2= 0.116964$$

$$\bar{X} = (0.0414+0.053+0.0425+0.051+0.038+0.0371+0.043+0.036)/8= 0.04275$$

Perhitungan A1B1, A1B2, A2B1, dan A2B2 dapat disimpulkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 3

(A) \ (B)	A ₁	A ₂	Total
B ₁	8 0.1192 0.01420864 0.0149	8 0.6785 0.46036225 0.0848125	16 0.7977 0.47457089 0.04985625
B ₂	8 0.2221 0.04932841 0.0277625	8 0.342 0.116964 0.04275	16 0.5641 0.16629241 0.03525625
Total	16 0.3413 0.06353705 0.02133125	16 1.0205 0.57732625 0.06378125	64 2.7236 1.2817266 0.04255625

Substitusi Data ke dalam Rumus

a. Menghitung nilai $JK_{tot} = 1.2817266 - \frac{2.7236^2}{64} = 1.1658$

b. Menghitung nilai $JK_{antar A} = \frac{0.3413^2}{16} + \frac{1.0205^2}{16} - \frac{2.7236^2}{64} = -0.0435$

c. Menghitung nilai $JK_{antar B} = \frac{0.7977^2}{16} + \frac{0.5641^2}{16} - \frac{2.7236^2}{64} = -0.0562$

d. Menghitung nilai $JK_{inter AB} = \sum \frac{(\Sigma X_{AB})^2}{n_{AB}} - \left(\frac{(\Sigma X_{tot})^2}{N} \right) - JK_A - JK_B$
 $= (-0.0358) - (-0.0435) - (-0.0562) = 0.064$

e. Menghitung nilai $JK_{dal} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\Sigma X_{AB})^2}{n_{AB}} = JK_{tot} - JK_A - JK_B - JK_{AB}$
 $= 1.1658 - (-0.0435) - (-0.0562) = 1.2656$

f. Menghitung nilai $JK_{tot} = JK_A + JK_B + JK_{AB} + JK_{dal}$
 $= -0.0435 + (-0.0562) + 0.064 + 1.2656 = 1.2298$

Menghitung nilai $db_A = a-1 = 2-1=1$

Menghitung nilai $db_B = b-1 = 2-1 = 1$

Menghitung nilai $db_{interA} = db A \times db B = 1 \times 1 = 1$

Menghitung nilai $db_{dalam} = N - ab = 64 - (2 \times 2) = 60$

Menghitung nilai $RJK_A = JK_A : db_A = 0.0435 : 1 = 0.0435$

Menghitung nilai $RJK_B = JK_B : db_B = 0.0562 : 1 = 0.0562$

Menghitung nilai $RJK_{AB} = JK_{AB} : db_{AB} = 0.064 : 1 = 0.064$

Menghitung nilai $RJK_{dalam} = JK_{dal} : db_{dal} = 1.2656 : 60 = 0.0211$

Menghitung nilai $F_A = RJK_A : RJK_{dalam} = 0.0296 / 0.0211 = 1.4033$

Menghitung nilai $F_B = RJK_B : RJK_{dalam} = 0.0573 / 0.0211 = 2.7165$

Menghitung nilai $F_{AB} = RJK_{AB} : RJK_{dalam} = 0.09 / 0.0211 = 4.2668$

Tabel 4. 15 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB

Sumber Variasi	JK	db	RJK	F_h	F_{tab}
					5%
Antar _A	-0.0435	1	0.0435	1.4033	4.0011
Antar _B	-0.0562	1	0.0562	2.7165	4.0011
Inter _{AB}	0.064	1	0.064	4.2668	4.0011
Dalam	1.2656	60	0.0211	-	-
Total	1.2298	63	-	-	-

Pada Tabel 4.15 menunjukkan bahwa nilai F_h antar_A yang bernilai 1.4033 dan F_h antar_B yang memiliki nilai 2.7165, nilainya lebih kecil daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Selanjutnya untuk nilai F_h inter_{AB} memiliki nilai 4.2668 yang lebih besar daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Sehingga, apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terima H_1 terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Dan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H_0 tidak terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat.

Berdasarkan uji signifikansi di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C
- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%
- Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

Di bawah ini merupakan perhitungan untuk data hasil lapisan 4 :

Tabel 4. 16 Tabel Data Lapisan 4

22°C (A1)		27°C (A2)	
74% (B1)	67% (B2)	74% (B1)	67% (B2)
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.015	0.027	0.076	0.0391
0.0128	0.0342	0.0813	0.051
0.017	0.0261	0.0932	0.043
0.0145	0.032	0.073	0.0392
0.0132	0.0313	0.092	0.053
0.0157	0.024	0.083	0.0413
0.016	0.021	0.0745	0.045
0.0124	0.0351	0.091	0.0471

Untuk data pada tabel A1B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.015+0.0128+0.017+0.0145+0.0132+0.0157+0.016+0.0124)= 0.1166$$

$$\Sigma X^2 = (0.015+0.0128+0.017+0.0145+0.0132+0.0157+0.016+0.0124)^2= 0.01359556$$

$$\bar{X} = (0.015+0.0128+0.017+0.0145+0.0132+0.0157+0.016+0.0124)/8= 0.014575$$

Untuk data pada tabel A1B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.027+0.0342+0.0261+0.032+0.0313+0.024+0.021+0.0351)= 0.2307$$

$$\Sigma X^2 = (0.027+0.0342+0.0261+0.032+0.0313+0.024+0.021+0.0351)^2=0.05322249$$

$$\bar{X} = (0.027+0.0342+0.0261+0.032+0.0313+0.024+0.021+0.0351)/8= 0.0288375$$

Untuk data pada tabel A2B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.076+0.0813+0.0932+0.073+0.092+0.083+0.0745+0.091)= 0.664$$

$$\Sigma X^2 = (0.076+0.0813+0.0932+0.073+0.092+0.083+0.0745+0.091)^2= 0.440896$$

$$\bar{X} = (0.076+0.0813+0.0932+0.073+0.092+0.083+0.0745+0.091)/8= 0.083$$

Untuk data pada tabel A2B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.0391+0.051+0.043+0.0392+0.053+0.0413+0.045+0.0471)= 0.3587$$

$$\Sigma X^2 = (0.0391+0.051+0.043+0.0392+0.053+0.0413+0.045+0.0471)^2= 0.12866569$$

$$\bar{X} = (0.0391+0.051+0.043+0.0392+0.053+0.0413+0.045+0.0471)/8= 0.0448375$$

Perhitungan A1B1, A1B2, A2B1, dan A2B2 dapat disimpulkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 4

(A) \ (B)	A ₁	A ₂	Total
B ₁	8 0.1166 0.01359556 0.014575	8 0.664 0.440896 0.083	16 0.7806 0.45449156 0.0487875
B ₂	8 0.2307 0.05322249 0.0288375	8 0.3587 0.12866569 0.0448375	16 0.5894 0.18188818 0.0368375
Total	16 0.3473 0.06681805 0.02170625	16 1.0227 0.56956169 0.06391875	64 2.74 1.27275948 0.0428125

Substitusi Data ke dalam Rumus

a. Menghitung nilai $JK_{tot} = 1.27275948 - \frac{2.74^2}{64} = 1.1555$

b. Menghitung nilai $JK_{antar A} = \frac{0.3473^2}{16} + \frac{1.0227^2}{16} - \frac{2.74^2}{64} = -0.0444$

c. Menghitung nilai $JK_{antar B} = \frac{0.7806^2}{16} + \frac{0.5894^2}{16} - \frac{2.74^2}{64} = -0.0575$

d. Menghitung nilai $JK_{inter AB} = \sum \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} - \left(\frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \right) - JK_A - JK_B$
 $= (-0.0156) - (-0.0444) - (-0.0575) = 0.0863$

e. Menghitung nilai $JK_{dal} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} = JK_{tot} - JK_A - JK_B - JK_{AB}$
 $= 1.1555 - (-0.0444) - (-0.0575) = 1.2574$

f. Menghitung nilai $JK_{tot} = JK_A + JK_B + JK_{AB} + JK_{dal}$
 $= -0.0444 + (-0.0575) + 0.0863 + 1.2574 = 1.2418$

Menghitung nilai $db_A = a-1 = 2-1=1$

Menghitung nilai $db_B = b-1 = 2-1 = 1$

Menghitung nilai $db_{interA} = db_A \times db_B = 1 \times 1 = 1$

Menghitung nilai $db_{dalam} = N-ab = 64-(2 \times 2) = 60$

Menghitung nilai $RJK_A = JK_A : db_A = 0.0444 : 1 = -0.0444$

Menghitung nilai $RJK_B = JK_B : db_B = 0.0575 : 1 = -0.0575$

Menghitung nilai $RJK_{AB} = JK_{AB} : db_{AB} = 0.0863 : 1 = 0.0863$

Menghitung nilai $RJK_{dalam} = JK_{dal} : db_{dal} = 1.2574 : 60 = 0.021$

Menghitung nilai $F_A = RJK_A : RJK_{dalam} = -0.0444 / 0.021 = -2.1186$

Menghitung nilai $F_B = RJK_B : RJK_{dalam} = -0.0575 / 0.021 = -2.744$

Menghitung nilai $F_{AB} = RJK_{AB} : RJK_{dalam} = 0.0863 / 0.021 = 4.1198$

Tabel 4. 18 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB

Sumber Variasi	JK	db	RJK	F_h	F_{tab}
					5%
Antar _A	-0.0444	1	-0.0444	-2.1186	4.0011
Antar _B	-0.0575	1	-0.0575	-2.744	4.0011
Inter _{AB}	0.0863	1	0.0863	4.1198	4.0011
Dalam	1.2574	60	0.021	-	-
Total	1.2418	63	-	-	-

Pada Tabel 4.18 menunjukkan bahwa nilai F_h antar_A yang bernilai -2.1186 dan F_h antar_B yang memiliki nilai -2.744, nilainya lebih kecil daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Selanjutnya untuk nilai F_h inter_{AB} memiliki nilai 4.1198 yang lebih besar daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Sehingga, apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terima H_1 terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Dan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H_0 tidak terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat.

Berdasarkan uji signifikansi di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C
- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%

(c) Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

Di bawah ini merupakan perhitungan untuk data hasil lapisan 5 :

Tabel 4. 19 Tabel Data Lapisan 5

22°C (A1)		27°C (A2)	
74% (B1)	67% (B2)	74% (B1)	67% (B2)
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.014	0.033	0.091	0.036
0.0153	0.0267	0.0813	0.041
0.0124	0.021	0.076	0.052
0.017	0.0313	0.097	0.046
0.013	0.0251	0.086	0.053
0.0163	0.0267	0.071	0.0457
0.0136	0.0342	0.076	0.038
0.015	0.024	0.093	0.051

Untuk data pada tabel A1B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.014+0.0153+0.0124+0.017+0.013+0.0163+0.0136+0.015)= 0.1166$$

$$\Sigma X^2 = (0.014+0.0153+0.0124+0.017+0.013+0.0163+0.0136+0.015)^2= 0.01359556$$

$$\bar{X} = (0.014+0.0153+0.0124+0.017+0.013+0.0163+0.0136+0.015)/8= 0.014575$$

Untuk data pada tabel A1B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.033+0.0267+0.021+0.0313+0.0251+0.0267+0.0342+0.024)= 0.222$$

$$\Sigma X^2 = (0.033+0.0267+0.021+0.0313+0.0251+0.0267+0.0342+0.024)^2=0.49284$$

$$\bar{X} = (0.033+0.0267+0.021+0.0313+0.0251+0.0267+0.0342+0.024)/8= 0.02775$$

Untuk data pada tabel A2B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.091+0.0813+0.076+0.097+0.086+0.071+0.076+0.093)= 0.6713$$

$$\Sigma X^2 = (0.091+0.0813+0.076+0.097+0.086+0.071+0.076+0.093)^2= 0.4506437$$

$$\bar{X} = (0.091+0.0813+0.076+0.097+0.086+0.071+0.076+0.093)/8= 0.0839125$$

Untuk data pada tabel A2B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.036+0.041+0.052+0.046+0.053+0.0457+0.038+0.051)= 0.3627$$

$$\Sigma X^2 = (0.036+0.041+0.052+0.046+0.053+0.0457+0.038+0.051)^2 = 0.1315513$$

$$\bar{X} = (0.036+0.041+0.052+0.046+0.053+0.0457+0.038+0.051)/8 = 0.0453375$$

Perhitungan A1B1, A1B2, A2B1, dan A2B2 dapat disimpulkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 5

(A) \ (B)	A ₁	A ₂	Total
B ₁	8 0.1166 0.01359556 0.014575	8 0.6713 0.45064369 0.0839125	16 0.7879 0.46423925 0.04924375
B ₂	8 0.222 0.049284 0.02775	8 0.3627 0.13155129 0.0453375	16 0.5847 0.18083529 0.03654375
Total	16 0.3386 0.06287956 0.0211625	16 1.034 0.58219498 0.064625	64 2.7452 1.29014908 0.04289375

Substitusi Data ke dalam Rumus

a. Menghitung nilai $JK_{tot} = 1.29014908 - \frac{2.7452^2}{64} = 1.1724$

b. Menghitung nilai $JK_{antar A} = \frac{0.3386^2}{16} + \frac{1.034^2}{16} - \frac{2.7452^2}{64} = -0.0438$

c. Menghitung nilai $JK_{antar B} = \frac{0.7879^2}{16} + \frac{0.5847^2}{16} - \frac{2.7452^2}{64} = -0.0576$

d. Menghitung nilai $JK_{inter AB} = \sum \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} - \left(\frac{(\sum X_{tot})^2}{N} \right) - JK_A - JK_B$
 $= (-0.0371) - (-0.0438) - (-0.0576) = 0.0642$

e. Menghitung nilai $JK_{dal} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} = JK_{tot} - JK_A - JK_B - JK_{AB}$
 $= 1.1724 - (-0.0438) - (-0.0576) - 0.0642 = 1.2095$

f. Menghitung nilai $JK_{tot} = JK_A + JK_B + JK_{AB} + JK_{dal}$
 $= -0.0438 + (-0.0576) + 0.0642 + 1.2095 = 1.1724$

Menghitung nilai $db_A = a-1 = 2-1 = 1$

Menghitung nilai $db_B = b-1 = 2-1 = 1$

Menghitung nilai $db_{interA} = db A \times db B = 1 \times 1 = 1$

Menghitung nilai $db_{dalam} = N-ab = 64 - (2 \times 2) = 60$

Menghitung nilai $RJK_A = JK_A : db_A = -0.0438 : 1 = -0.0438$

Menghitung nilai $RJK_B = JK_B : db_B = -0.0576 : 1 = -0.0576$

Menghitung nilai $RJK_{AB} = JK_{AB} : db_{AB} = 0.0642 : 1 = 0.0642$

Menghitung nilai $RJK_{dalam} = JK_{dal} : db_{dal} = 1.2095 : 60 = 0.0202$

Menghitung nilai $F_A = RJK_A : RJK_{dalam} = -0.0438 / 0.0202 = -2.171$

Menghitung nilai $F_B = RJK_B : RJK_{dalam} = -0.0576 / 0.0202 = -2.8566$

Menghitung nilai $F_{AB} = RJK_{AB} : RJK_{dalam} = 0.0642 / 0.0202 = 4.1863$

Tabel 4. 21 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB

Sumber Variasi	JK	db	RJK	F_h	F_{tab}
					5%
Antar _A	-0.0438	1	-0.0438	-2.171	4.0011
Antar _B	-0.0576	1	-0.0576	-2.8566	4.0011
Inter _{AB}	0.0642	1	0.0642	4.1863	4.0011
Dalam	1.2095	60	0.0202	-	-
Total	1.1724	63	-	-	-

Pada Tabel 4.21 menunjukkan bahwa nilai F_h antar_A yang bernilai -2.171 dan F_h antar_B yang memiliki nilai -2.8566, nilainya lebih kecil daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Selanjutnya untuk nilai F_h inter_{AB} memiliki nilai 4.1863 yang lebih besar daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Sehingga, apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terima H_1 terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Dan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H_0 tidak terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat.

Berdasarkan uji signifikansi di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C
- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%
- Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

Di bawah ini merupakan perhitungan untuk data hasil lapisan 6 :

Tabel 4. 22 Tabel Data Lapisan 6

22°C (A1)		27°C (A2)	
74% (B1)	67% (B2)	74% (B1)	67% (B2)
Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)	Drying rate (kg/h)
0.0132	0.031	0.073	0.052
0.0145	0.0251	0.081	0.043
0.0176	0.0267	0.076	0.056
0.0136	0.0233	0.071	0.041
0.0123	0.033	0.083	0.036
0.0127	0.0342	0.091	0.046
0.0133	0.0247	0.0867	0.0367
0.0127	0.0267	0.093	0.0392

Untuk data pada tabel A1B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.0132+0.0145+0.0176+0.0136+0.0123+0.0127+0.0133+0.0127) = 0.1099$$

$$\Sigma X^2 = (0.0132+0.0145+0.0176+0.0136+0.0123+0.0127+0.0133+0.0127)^2 = 0.01207801$$

$$\bar{X} = (0.0132+0.0145+0.0176+0.0136+0.0123+0.0127+0.0133+0.0127)/8 = 0.0137375$$

Untuk data pada tabel A1B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.031+0.0251+0.0267+0.0233+0.033+0.0342+0.0247+0.0267) = 0.2247$$

$$\Sigma X^2 = (0.031+0.0251+0.0267+0.0233+0.033+0.0342+0.0247+0.0267)^2 = 0.05049009$$

$$\bar{X} = (0.031+0.0251+0.0267+0.0233+0.033+0.0342+0.0247+0.0267)/8 = 0.0280875$$

Untuk data pada tabel A2B1 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.073+0.081+0.076+0.071+0.083+0.091+0.0867+0.093) = 0.6547$$

$$\Sigma X^2 = (0.073+0.081+0.076+0.071+0.083+0.091+0.0867+0.093)^2 = 0.42863209$$

$$\bar{X} = (0.073+0.081+0.076+0.071+0.083+0.091+0.0867+0.093)/8 = 0.0818375$$

Untuk data pada tabel A2B2 memiliki data sebanyak 8, sehingga :

$$n = 8$$

$$\Sigma X = (0.052+0.043+0.056+0.041+0.036+0.046+0.0367+0.0392) = 0.3499$$

$$\Sigma X^2 = (0.052+0.043+0.056+0.041+0.036+0.046+0.0367+0.0392)^2 = 0.12243001$$

$$\bar{X} = (0.052+0.043+0.056+0.041+0.036+0.046+0.0367+0.0392)/8 = 0.0437375$$

Perhitungan A1B1, A1B2, A2B1, dan A2B2 dapat disimpulkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Data Pengamatan Lapisan 6

(A) (B)	A ₁	A ₂	Total
B ₁	8 0.1099 0.01207801 0.0137375	8 0.6547 0.42863209 0.0818375	16 0.7646 0.4407101 0.0477875
B ₂	8 0.2247 0.05049009 0.0280875	8 0.3499 0.12243001 0.0437375	16 0.5746 0.1729201 0.0359125
Total	16 0.3346 0.0625681 0.0209125	16 1.0046 0.5510621 0.0627875	64 2.6784 1.2272604 0.04185

Substitusi Data ke dalam Rumus

a. Menghitung nilai $JK_{tot} = 1.2272604 - \frac{2.6784^2}{64} = 1.11517$

b. Menghitung nilai $JK_{antar A} = \frac{0.3346^2}{16} + \frac{1.0046^2}{16} - \frac{2.6784^2}{64} = -0.04202$

c. Menghitung nilai $JK_{antar B} = \frac{0.7646^2}{16} + \frac{0.5746^2}{16} - \frac{2.6784^2}{64} = -0.05492$

d. Menghitung nilai $JK_{inter AB} = \sum \frac{(\Sigma X_{AB})^2}{n_{AB}} - \left(\frac{(\Sigma X_{tot})^2}{N} \right) - JK_A - JK_B$
 $= -0.01361 - (-0.04202) - (-0.05492) = 0.08332$

e. Menghitung nilai $JK_{dal} = \sum X_{tot}^2 - \frac{(\Sigma X_{AB})^2}{n_{AB}} = JK_{tot} - JK_A - JK_B - JK_{AB}$
 $= 1.11517 - (-0.04202) - (-0.05492) - 0.08332 = 1.12878$

f. Menghitung nilai $JK_{tot} = JK_A + JK_B + JK_{AB} + JK_{dal}$
 $= -0.04202 + (-0.05492) + 0.08332 + 1.12878 = 1.11517$

Menghitung nilai $db_A = a-1 = 2-1=1$

Menghitung nilai $db_B = b-1 = 2-1 = 1$

Menghitung nilai $db_{interA} = db A \times db B = 1 \times 1 = 1$

Menghitung nilai $db_{dalam} = N-ab = 64-(2 \times 2) = 60$

Menghitung nilai $RJK_A = JK_A : db_A = -0.04202 : 1 = -0.04202$

Menghitung nilai $RJK_B = JK_B : db_B = -0.05492 : 1 = -0.05492$

Menghitung nilai $RJK_{AB} = JK_{AB} : db_{AB} = 0.08332 : 1 = 0.08332$

Menghitung nilai $RJK_{dalam} = JK_{dal} : db_{dal} = 1.12878 : 60 = 0.01881$

Menghitung nilai $F_A = RJK_A : RJK_{dalam} = -0.04202 / 0.01881 = -2.23342$

Menghitung nilai $F_B = RJK_B : RJK_{dalam} = -0.05492 / 0.01881 = -2.91912$

Menghitung nilai $F_{AB} = RJK_{AB} : RJK_{dalam} = 0.08332 / 0.01881 = 4.42905$

Tabel 4. 24 Tabel Rangkuman Analisis ANAVA AB

Sumber Variasi	JK	db	RJK	F_h	F_{tab}
					5%
Antar _A	-0.04202	1	-0.04202	-2.23342	4.0011
Antar _B	-0.05492	1	-0.05492	-2.91912	4.0011
Inter _{AB}	0.08332	1	0.08332	4.42905	4.0011
Dalam	1.12878	60	0.01881	-	-
Total	1.11517	63	-	-	-

Pada Tabel 4.24 menunjukkan bahwa nilai F_h antar_A yang bernilai -2.23342 dan F_h antar_B yang memiliki nilai -2.91912, nilainya lebih kecil daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Selanjutnya untuk nilai F_h inter_{AB} memiliki nilai 4.42905 yang lebih besar daripada F_{tab} 5% yaitu 4.0011. Sehingga, apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terima H_1 terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Dan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H_0 tidak terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat.

Berdasarkan uji signifikansi di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C
- Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%
- Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*

Bab V

Hasil dan Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan suhu kondisi 22°C dan 27°C. Hal ini dapat terlihat pada perbandingan F_{hitung} dengan F_{tab} pada lapisan ke-1 spesimen hingga lapisan ke-6 spesimen, nilai $F_{hitung} < F_{tab}$. Selanjutnya, meskipun pengamatan spesimen lapisan ke-1 hingga lapisan ke-6 dilakukan pada shift dan waktu yang berbeda-beda, hal tersebut tidak mempengaruhi *drying rate* pada proses pengeringan.
2. Tidak terdapat perbedaan *drying rate* secara signifikan antara proses pengeringan dengan kelembapan relatif pada kondisi 74% dan 67%. Hal ini ditunjukkan pada perbandingan nilai F_{hitung} dengan F_{tab} pada lapisan ke-1 spesimen hingga lapisan ke-6 spesimen, nilai $F_{hitung} < F_{tab}$. Selanjutnya, meskipun pengamatan spesimen lapisan ke-1 hingga lapisan ke-6 dilakukan pada shift dan waktu yang berbeda-beda, hal tersebut tidak mempengaruhi *drying rate* pada proses pengeringan.
3. Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara temperatur dan kelembapan relatif terhadap *drying rate*. Hal ini ditunjukkan pada perbandingan F_{hitung} dengan F_{tab} pada lapisan ke-1 spesimen hingga lapisan ke-6 spesimen, nilai $F_{hitung} > F_{tab}$. Pada pengamatan spesimen lapisan ke-1 hingga lapisan ke-6. Interaksi antara nilai temperatur yang tinggi dengan kelembapan relatif yang rendah dapat mempercepat *drying rate* proses pengeringan keramik *investment casting*.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian, ada beberapa hal yang perlu penulis sarankan, yaitu :

1. Perusahaan hendaknya mengatur temperature lebih tinggi agar mempercepat *drying rate* pada proses pengeringan keramik *dipping*.
2. Perusahaan hendaknya mengatur kelembapan relatif lebih rendah agar mempercepat *drying rate* pada proses pengeringan keramik *dipping*.

Daftar Pustaka

- (1995). Investment Casting. In P. R. Beeley, & R. F. Smart (Eds.). London: The Institute of Materials.
- Brienza, M., Kaye, D., Browsey, A., Doiron, N., & Oles, M. (2018). *Intercoat Drying and Shell Properties*. Milford: Hitchiner Manufacturing Co. Inc.
- Dantes, N. (2017). *Desain Eksperimen dan Analisis Data* (1st ed.). Depok: PT RajaGrafindo Persada.
- Kügelgen, M. (2008). From 7 days to 7 hours – Investment casting parts. *68th WFC - World Foundry Congress*, (pp. 147-151). Chennai.
- Pita, E. G. (2002). *Air Conditioning Principles and Systems* (4th ed.). New York: Prentice Hall.
- Roy, R. (1990). *A primer on the Taguchi method*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Roy, R. K. (2010). *A Primer on the Taguchi Method* (2nd ed.). Michigan: Society of Manufacturing Engineers.
- Schmitt, B. (1994). *Microwave Drying of Foundry Investment Casting Shells*. Pittsburgh: The EPRI Center for Materials Production.
- Stoecker, W. F., & Jones, J. W. (1983). *Refrigeration and Air Conditioning* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Taylor, S. T. (2009). *Fundamentals o HVAC Control Systems*. Burlington: Elsevier.
- Wang, S. K. (2001). *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 1 Juli 1997, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Bhakti Pertiwi Sidoarjo, SDN Kepuh Kiriman I Sidoarjo, SMPN 1 Surabaya, SMAN 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN tahun 2015, Penulis mengikuti SNMPTN dan diterima di Departemen Teknik Mesin FTIRS – ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 02111540000064.

Di Departemen Teknik Mesin Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan Seminar yang diselenggarakan oleh Departemen, Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HMM) dan aktif mengikuti organisasi di UKM Robotika ITS sebagai Bendahara.

Ditetapkan di Surabaya
REKTOR INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER,

MUCHAMAD ASHARI
NIP 196510121990031003

