

**“PENGARUH VARIASI SUHU DAN WAKTU *HEAT TREATMENT*
TERHADAP STRUKTUR ALUMINIUM 1100 DENGAN MEDIA
PENDINGIN MINYAK NABATI”**

TUGAS AKHIR



Oleh :

DENY NUR SETIAWAN
30418031

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2021**

**“PENGARUH VARIASI SUHU DAN WAKTU *HEAT TREATMENT*
TERHADAP STRUKTUR ALUMINIUM 1100 DENGAN MEDIA
PENDINGIN MINYAK NABATI”**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
(A.Md) pada Program Studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara



Oleh :

DENY NUR SETIAWAN
30418031

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI SUHU DAN WAKTU *HEAT TREATMENT*
TERHADAP STRUKTUR ALUMINIUM 1100 DENGAN MEDIA
PENDINGIN MINYAK NABATI**

Oleh:

DENY NUR SETIAWAN
NIT.30418031

Disetujui untuk diujikan pada:
Surabaya, 13 Agustus 2021

Pembimbing I : BAYU DWI CAHYO, ST, MT
NIP. 19870624 200912 1 007



Pembimbing II : LINDA WINIASRI, S.Psi., M.Sc
NIP. 19781028 200502 2 001



**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI SUHU DAN WAKTU *HEAT TREATMENT*
TERHADAP STRUKTUR ALUMINIUM 1100 DENGAN MEDIA
PENDINGIN MINYAK NABATI**

Oleh:

DENY NUR SETIAWAN
NIT.30418031

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Tugas Akhir

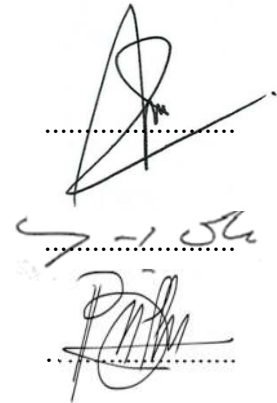
Program Pendidikan Diploma 3 Teknik Pesawat Udara

Politeknik Penerbangan Surabaya

Pada tanggal: 13 Agustus 2021

Panitia Penguji:

1. Ketua : M ANDRA ADITIYAWARMAN, S.T.,M.T.
NIP. 19680729 199603 1 001
2. Sekretaris : CHOLIK SETIJONO, S.SiT.,M.M
NIP. 19701109 201601 08 009
3. Anggota : BAYU DWI CAHYO, ST, MT
NIP. 19870624 200912 1 007



Ketua Program Studi
D.3 TEKNIK PESAWAT UDARA


BAMBANG JUNIPITOYO ST, MT
NIP. 19780626 200912 1 001

ABSTRACT

"THE EFFECT OF VARIATION OF TEMPERATURE AND HEAT TREATMENT TIME ON THE 1100 ALUMINIUM STRUCTURE USING VEGETABLE OIL COOLING MEDIA"

By:

Deny Nur Setiawan

NIT. 30418031

Aluminium 1100 is used as a material for various aircraft parts due to its high strength and weight ratio. This improvement in the quality of the aluminium alloy 1100 can be achieved by heat treatment. To improve the quality of aluminium 1100, a heat treatment process is carried out, in which there is a heat treatment process to produce 1100 aluminium which is desired as material for making fuel tank, cowlings and oil tanks on aircraft. There is a heat treatment process to obtain the desired product for aircraft fuel tank, cowlings, and oil tank applications. The process consists of, solution treatment, quenching and natural aging.

The specimens were heat treated with temperatures of 100°C, 200°C & 300°C and holding time of 30 minutes, 50 minutes, and 100 minutes. Then the quenching process was carried out using vegetable oil media. The purpose of this study was to compare the mechanical properties of the specimen before being treated with aging and after being treated with aging. This test uses the vickers hardness test, and microstructure photos.

The results of this study indicate that the heat treatment and quenching of Aluminum 1100, the highest hardness value is obtained at a temperature of 200°C with a holding time of 100 minutes of 44,80 HV.

Key words: aluminum, hardness, aging

ABSTRAK

“PENGARUH VARIASI SUHU DAN WAKTU *HEAT TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR ALUMINIUM 1100 DENGAN MEDIA PENDINGIN MINYAK NABATI”

Oleh:

Deny Nur Setiawan

NIT. 30418031

Aluminium 1100 digunakan sebagai bahan pembuatan berbagai bagian pesawat karena *ratio strength* dan *weight* yang tinggi. Peningkatan kualitas paduan aluminium 1100 ini dapat dicapai dengan perlakuan panas (*heat treatment*). Untuk meningkatkan kualitas *aluminium 1100* tersebut dilakukan proses *heat treatment*, dimana terdapat proses perlakuan panas untuk menghasilkan *aluminium 1100* yang diinginkan untuk bahan pembuatan *fuel tank*, *cowlings*, dan *oil tank* pada pesawat terbang. Terdapat proses perlakuan panas untuk mendapat produk yang diinginkan untuk aplikasi *fuel tank*, *cowlings*, dan *oil tank* pesawat. Proses terdiri dari, *solution treatment*, *quenching* dan *natural aging*.

Benda uji diberi perlakuan panas dengan suhu 100°C, 200°C & 300°C dan waktu tahan 30 menit, 50 menit, dan 100 menit. Kemudian dilakukan proses *quenching* dengan media minyak nabati. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan sifat mekanik benda uji sebelum diberi perlakuan *aging* dan sesudah diberi perlakuan *aging*. Pengujian ini menggunakan pengujian kekerasan *vickers*, dan foto struktur mikro.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *heat treatment* dan *quenching* pada *aluminium 1100*, diperoleh nilai kekerasan tertinggi pada suhu 200°C dengan waktu tahan 100 menit sebesar 44,80 HV.

Kata kunci : *aluminium*, *hardness*, *aging*

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Deny Nur Setiawan
NIT : 30418031
Program Studi : D.3 Teknik Pesawat Udara
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu *Heat Treatment* Terhadap Struktur Alumunium 1100 Dengan Media Pendingin Minyak Nabati

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di Perguruan Tinggi lain, serta dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya, 29 September 2021
Yang membuat pernyataan



Deny Nur Setiawan
NIT. 30418031

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala Rahmat dan Karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan, pengetahuan, keterampilan, pengalaman yang senantiasa diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “PENGARUH VARIASI SUHU DAN WAKTU *HEAT TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR *ALUMINIUM 1100* DENGAN MEDIA PENDINGIN MINYAK NABATI” dengan baik dan lancar, penyusunan Tugas Akhir ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Terselesaikannya proposal tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan semua pihak yang memberikan arahan dan bimbingannya, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Andra Aditiyawarman, ST, MT selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya.
2. Bapak Bambang Junipitoyo, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Pesawat Udara di Politeknik Penerbangan Surabaya.
3. Bapak Bayu Dwi Cahyo, ST, MT selaku dosen pembimbing pematari dalam penyusunan tugas akhir.
4. Ibu Linda Winiasri, S.Psi, M.Sc selaku pembimbing penulisan tugas akhir.
5. Seluruh dosen dan *civitas* akademika Program Studi Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan penulisan di masa yang akan datang.

Surabaya, 13 Agustus 2021



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
ABSTRAK.....	vi
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 <i>ALUMINIUM</i>	5
2.1.1 Pengertian Aluminium.....	5
2.1.2 Sifat-sifat Aluminium	6
2.1.3 Klasifikasi aluminium.....	8
2.2 <i>HEAT TREATMENT</i> PADA ALUMINIUM PADUAN	13
2.2.1 Macam-macam Proses <i>Heat Treatment</i>	14

2.3	PENGERASAN PRESIPITASI	20
2.3.1	<i>Solution heat treating</i>	20
2.3.1	<i>Precipitation heat treating</i>	21
2.4	PENGUJIAN MATERIAL	27
2.4.1	Pengujian Kekerasan (<i>Hardness test</i>).....	27
2.4.2	Struktur mikro.....	29
2.5	JURNAL YANG RELEVAN	32
2.5.1	Penelitian 1	32
2.5.2	Penelitian 2	34
2.5.3	Penelitian 3	39
BAB 3 METODE PENELITIAN		44
3.1	DESAIN PENELITIAN	44
3.2	PERANCANGAN PENELITIAN	47
3.2.1	Peralatan Yang Digunakan	47
3.2.2	Bahan Yang Digunakan	49
3.2.3	Pembuatan Spesimen	51
3.2.3.1	Spesimen Pengujian Hardness Vickers dan Struktur Mikro.....	51
3.3	PROSES PENGUJIAN SPESIMEN	52
3.3.1	Proses Perlakuan Panas.....	52
3.3.2	Pengujian <i>Vickers Hardness</i>	53
3.3.3	Pengujian Struktire Mikro	54
3.4	TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	54
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	56
4.1.1	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	56
4.1.2	Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	57

4.2 Pengujian Foto Mikro Struktur	63
4.2.1 Hasil Pengujian Foto Mikro Struktur	63
4.2.2 Pembahasan Hasil Pengujian Foto Struktur Mikro	70
BAB 5 PENUTUP	71
5.1 KESIMPULAN	71
5.2 SARAN	71
DAFTAR PUSTAKA	72
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
DAFTAR LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram untuk temperatur Normalizing.....	16
Gambar 2.2 Isothermal Transformation Diagram	18
Gambar 2.3 Continuous cooling transformation diagram.	18
Gambar 2.4 Diagram tahap heat treatment aluminium komposit.....	21
Gambar 2.5 Skematik proses <i>artificial aging</i> terhadap waktu	22
Gambar 2.6 Tahap perubahan fasa dalam proses artificial aging.....	23
Gambar 2.7 (a) <i>supersaturated solute solution</i> , (b) fasa θ'' mulai	24
Gambar 2.8 Hubungan antara lamanya waktu (<i>aging</i>).....	26
Gambar 2.9 Bentuk <i>indentor rockwell</i> (a) dari samping	27
Gambar 2.10 Vickers Hardness Test	29
Gambar 2.11 Grafik rata-rata renggangan.....	32
Gambar 2.12 Grafik rata-rata renggangan.....	33
Gambar 2.13 Grafik Analisis Kekerasan Artificial Aging	35
Gambar 2.14 Proses Age Hardening Metode Artificial Aging	36
Gambar 2.15 Grafik Pengujian Kekerasan <i>Natural Aging</i>	36
Gambar 2.16 Proses <i>Age Hardening Metode Natural Aging</i>	37
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	44
Gambar 3.2 Tungku pemanas.....	47
Gambar 3.3 Mesin uji kekerasan <i>Vickers Digital Micro TH716</i>	48
Gambar 3.4 Alat uji foto struktur mikro dengan kamera Dino Eye	49
Gambar 3.5 Sketsa specimen uji hardness vickers dan struktur mikro.	51
Gambar 3.6 Skema proses heat treatment pada specimen.....	52
Gambar 4.1 Jejak Penetrator Tanpa Heat Treatment.....	57
Gambar 4.2 Jejak Penetrator Pada Suhu 100°C Selama 30 Menit	58
Gambar 4.3 Jejak Penetrator Pada Suhu 100°C Selama 50 Menit	58
Gambar 4.4 Jejak Penetrator Pada Suhu 100°C Selama 100 Menit	59
Gambar 4.5 Jejak Penetrator Pada Suhu 200°C Selama 30 Menit	59
Gambar 4.6 Jejak Penetrator Pada Suhu 200°C Selama 50 Menit	60
Gambar 4.7 Jejak Penetrator Pada Suhu 200°C Selama 100 Menit	60
Gambar 4.8 Jejak Penetrator Pada Suhu 300°C Selama 30 Menit	61
Gambar 4.9 Jejak Penetrator Pada Suhu 300°C Selama 50 Menit	61
Gambar 4.10 Jejak Penetrator Pada Suhu 300°C Selama 100 Menit	61
Gambar 4.11 Rata-rata Nilai Kekerasan Vickers	62
Gambar 4.12 Struktur Mikro Sebelum Proses Aging.....	63
Gambar 4.13 Struktur Mikro pada Suhu 100°C Selama 30 Menit.	64
Gambar 4.14 Struktur Mikro pada Suhu 100°C Selama 50 Menit.	64

Gambar 4.15 Struktur Mikro pada Suhu 100°C Selama 100 Menit.	65
Gambar 4. 16 Struktur Mikro pada Suhu 200°C Selama 30 Menit.	65
Gambar 4.17 Struktur Mikro pada Suhu 200°C Selama 50 Menit.	66
Gambar 4.18 Struktur Mikro pada Suhu 200°C Selama 100 Menit.	66
Gambar 4.19 Struktur Mikro pada Suhu 300°C Selama 30 Menit.	67
Gambar 4.20 Struktur Mikro pada Suhu 300°C Selama 50 Menit.	67
Gambar 4.21 Struktur Mikro pada Suhu 300°C Selama 100 Menit.	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium.....	8
Tabel 2.2 Pengelompokan kombinasi aluminium tempaan dengan	12
Tabel 2.3 Klasifikasi paduan aluminium berdasarkan	13
Tabel 2.4 Pengujian rockwell	28
Tabel 2.5 Variasi temperatur dan waktu penahanan saat <i>aging</i>	40
Tabel 2.6 Hasil pengujian kekerasan temperatur 140°C	40
Tabel 2.7 Hasil pengujian kekerasan temperatur 170°C	41
Tabel 2.8 Hasil pengujian kekerasan temperatur 200°C	42
Tabel 3.1 Data Pengujian Vickers	45
Tabel 3.2 Tabel eksperimen	46
Tabel 3.3 Waktu perencanaan penelitian.....	55
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Vickers.....	57
Tabel 4.2 Perbandingan Fasa Non Heat Treatment dan Heat Treatment	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Standard ASTM E1384 - 11

Lampiran 2. Foto spesimen

Lampiran 3. Foto Pengujian

DAFTAR PUSTAKA

- Alfianto, Derry Dwi. 2018. Perbandingan artificial aging dengan natural Aging terhadap struktur mikro dan Kekerasan pada aluminium (al-cu). Yogyakarta. Universitas sanata Dharma Yogyakarta.
- ASTM Hand Book. E 18., 2002.
- Daryanto. 2009. Pengetahuan teknik bangunan. Jakarta. PT. Rineka Cipta.
- FAA, 2008. Aviation Maintenance Technician Handbook General Chapter 5.
- Gautama, Johanes. 2018. Pengaruh aging 140, 160, 180, dan 200 derajat celcius selama 5 jam terhadap sifat mekanis aluminium paduan tembaga 2.5%. Yogyakarta. Universitas sanata Dharma Yogyakarta.
- Hartawan, Beny. 2018. Analisis pengaruh perlakuan panas artificial aging pada aluminium magnesium silikon (Al-Mg-Si) yang dicor ulang terhadap sifat mekanis. *Skripsi*. Lampung. Universitas Lampung.
- Mazda, Billydiaz Taura. 2016. Studi eksperimental pengaruh variasi holding time dan temperature aging pada perlakuan panas precipitation hardening T6 terhadap sifat mekanik paduan aluminium ADC 12. *Skripsi*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sidik, Jaelani., M. Solihin., & Riyan Arthur. 2019. Pengaruh variasi temperatur perlakuan panas aging terhadap sifat mekanik aluminium aa 6061. Jakarta. TRAKSI: Majalah Ilmiah Teknik Mesin, vol. 19 No. 1.
- Sofyan, Bondan. T. 2010. Pengantar material teknik. Jakarta. Salemba Teknika.
- Subagyo, Nur Imam. 2017. Analisis pengaruh artificial aging terhadap sifat mekanis pada aluminium seri 6061. *Skripsi*. Lampung. Universitas Lampung Bandar Lampung.
- Subagyo, Nur Imam, Zulhar, & Harnowo Supriadi. 2017. Analisis pengaruh artificial aging terhadap sifat mekanis pada aluminium seri 6061. *Skripsi*. Lampung. Prosiding siger 2017 seminar nasional energi dan industri manufaktur.
- Sudarmo, Unggul. 2006. Kimia untuk SMA/MA kelas IX. Jakarta. Phibta.

- Sugianto, Aris. 2018. Analisa hasil pengecoran penambahan bahan material piston dan kaleng bekas pada alat rumah tangga terhadap perubahan nilai kekerasan dan struktur mikro almg-si. *Tugas Akhir*. Pontianak. Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- Sumanto. 2005. Pengetahuan bahan untuk mesin dan listrik. Yogyakarta. Andi.
- Surdia & Saito 1992, Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Widyatmoko, Muhammad Riky. 2019. Perbandingan artificial aging dengan natural Aging terhadap struktur mikro dan Kekerasan pada aluminium (al-cu). *Tugas Akhir*. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Yogantoro, Anom. 2010. Penelitian pengaruh variasi temperatur pengarah low tampering, medium tampering, dan high tampering pada medium carbon steel produksi pengecoran batur-klaten terhadap struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan (toughnes). *Skripsi*. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Deny Nur Setiawan Lahir di Ponorogo pada tanggal 11 Oktober 1999 anak ke-2 dari 3 bersaudara, mempunyai kakak laki-laki yang bernama Rendy Priyambodo (25) dan adik perempuan yang bernama Devi Nur Malasari (14) dari pasangan Bapak Sadali (55) dan Ibu Siti Winurti (55) tinggal di Jl. Angklingdharmo RT1/RW2 Dusun Pakem Desa Tanjungsari Kecamatan Jenangan Kabupaten Ponorogo.

Pada tahun 2007 memulai pendidikan sekolah dasar di SDN 2 Tanjungsari sampai lulus pada tahun 2012 kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Jenangan sampai lulus tahun 2015 setelah itu melanjutkan pendidikan di SMK Penerbangan Angkasa Lanud Iswahjudi sampai lulus tahun 2018 kemudian melanjutkan pendidikan sebagai Taruna di Politeknik Penerbangan Surabaya mengambil program studi Teknik Pesawat Udara sampai dengan sekarang.

Harapan dari saya setelah melaksanakan pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya semoga semua ilmu yang sudah saya dapatkan selama saya belajar di sini bisa bermanfaat dan juga berguna buat kedepannya nanti dan juga semoga saya bisa sukses didunia kerja nanti, saya juga berterima kasih kepada kedua orang tua yang telah mendukung saya hingga sejauh ini.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. *Standard ASTM E1384 - 11*



Designation: E384 – 11^{e1}

Standard Test Method for Knoop and Vickers Hardness of Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E384; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{e1} NOTE—Sections 8.3 and A1.1.4 were editorially corrected in March 2012.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of the Knoop and Vickers hardness of materials, the verification of Knoop and Vickers hardness testing machines, and the calibration of standardized Knoop and Vickers test blocks.

1.2 This test method covers Knoop and Vickers hardness tests made utilizing test forces in micro (9.807×10^{-3} to 9.807 N) (1 to 1000 gf) and macro (>9.807 to 1176.80 N) (>1 kg to 120 kgf) ranges.

NOTE 1—Previous versions of this standard limited test forces to 9.807 N (1 kgf).

1.3 This test method includes all of the requirements to perform macro Vickers hardness tests as previously defined in Test Method E92, Standard Test Method for Vickers Hardness Testing.

1.4 This test method includes an analysis of the possible sources of errors that can occur during Knoop and Vickers testing and how these factors affect the accuracy, repeatability, and reproducibility of test results.

NOTE 2—While Committee E04 is primarily concerned with metals, the test procedures described are applicable to other materials.

1.5 *Units*—When Knoop and Vickers hardness tests were developed, the force levels were specified in units of grams-force (gf) and kilograms-force (kgf). This standard specifies the units of force and length in the International System of Units (SI); that is, force in Newtons (N) and length in mm or μm . However, because of the historical precedent and continued common usage, force values in gf and kgf units are provided for information and much of the discussion in this standard as well as the method of reporting the test results refers to these units.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E04 on Metallography and is the direct responsibility of Subcommittee E04.05 on Micro-indentation Hardness Testing. With this revision the test method was expanded to include the requirements previously defined in E28.92, Standard Test Method for Vickers Hardness Testing of Metallic Material that was under the jurisdiction of E28.06.

Current edition approved Aug. 1, 2011. Published August 2011. Originally approved in 1969. Last previous edition approved in 2010 as E384 – 10^{e2}. DOI: 10.1520/E0384-11E01.

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- C1326 Test Method for Knoop Indentation Hardness of Advanced Ceramics
- C1327 Test Method for Vickers Indentation Hardness of Advanced Ceramics
- E3 Guide for Preparation of Metallographic Specimens
- E7 Terminology Relating to Metallography
- E29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications
- E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines
- E92 Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials (Withdrawn 2010)³
- E122 Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With Specified Precision, the Average for a Characteristic of a Lot or Process
- E140 Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness
- E175 Terminology of Microscopy
- E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods
- E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method
- E766 Practice for Calibrating the Magnification of a Scanning Electron Microscope

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³ The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

TABLE 1 Standard Hardness Scales and Test Forces

Vickers scale	Knoop scale ^A	Test force (N)	Approximate Test force (kgf)	Approximate Test force (gf)
HV 0.001	HK 0.001	0.009807	0.001	1
HV 0.01	HK 0.01	0.09807	0.01	10
HV 0.015	HK 0.015	0.1471	0.015	15
HV 0.02	HK 0.02	0.1961	0.02	20
HV 0.025	HK 0.025	0.2451	0.025	25
HV 0.05	HK 0.05	0.4903	0.05	50
HV 0.1	HK 0.1	0.9807	0.1	100
HV 0.2	HK 0.2	1.961	0.2	200
HV 0.3	HK 0.3	2.942	0.3	300
HV 0.5	HK 0.5	4.903	0.5	500
HV 1	HK 1	9.807	1	1000
HV 2	HK 2	19.61	2	2000
HV 3		29.41	3	
HV 5		49.03	5	
HV 10		98.07	10	
HV 20		196.1	20	
HV 30		294.1	30	
HV 50		490.3	50	
HV 100		980.7	100	
HV 120		1177	120	

^A The user should consult with the manufacturer before applying macroindentation test forces (over 1 kgf) for Knoop hardness testing. The diamond may not be large enough to produce the larger indentation sizes (see **Note 4**).

Lampiran 2. Foto spesimen



Waktu ambil: [6 Maret 2021](#)
[Sabtu](#) 8:30

Info berkas: [IMG_20210306_083023_111.jpg](#)
3,75MB 4000x3000px

Data EXIF: Redmi Note 8, Xiaomi
f/1.79 1/14 ISO800
4,74mm Tanpa flash

Jalur lokal: [Penyimpanan internal/DCIM/Camera/](#)
[IMG_20210306_083023_111.jpg](#)

Lampiran 3. Foto Pengujian



Proses *Heat Treatment*



Prose *Quenching*



Proses Pengujian *Spesiment*

Waktu ambil: 31 Maret 2021
Rabu 8:18

Info berkas: IMG_20210331_081827.jpg
7,24MB 3000x4000px

Data EXIF: Redmi Note 8, Xiaomi
f/1.79 1/14 ISO6400
4.74mm Tanpa flash

Jalur lokal: Kartu SD/DCIM/Camera/
IMG_20210331_081827.jpg

Lokasi: Unnamed Road,, Batur, Tegalrejo, Kec.
Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah
57465, Indonesia