



**ANALISIS KARAKTERISTIK ALAT UJI TARIK RAKITAN
DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN STAINLESS STEEL**

SKRIPSI

OLEH:

**JOKO PRASETIO
10.813.0016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2015**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

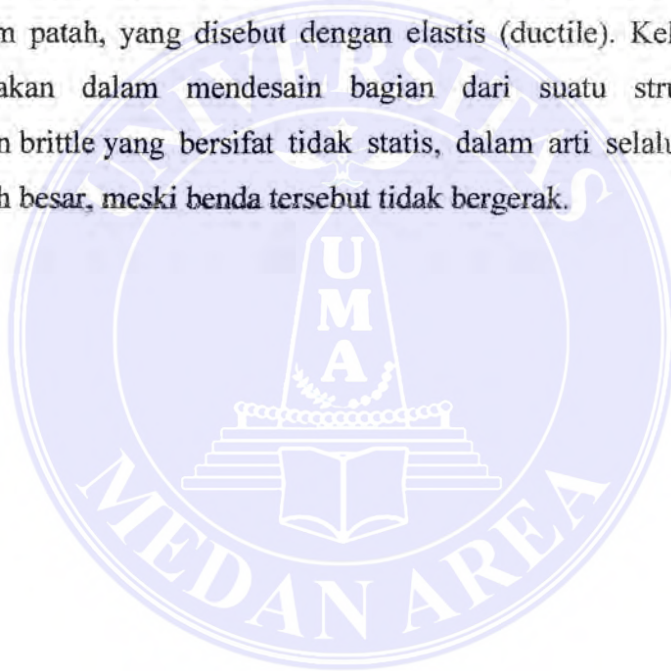
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

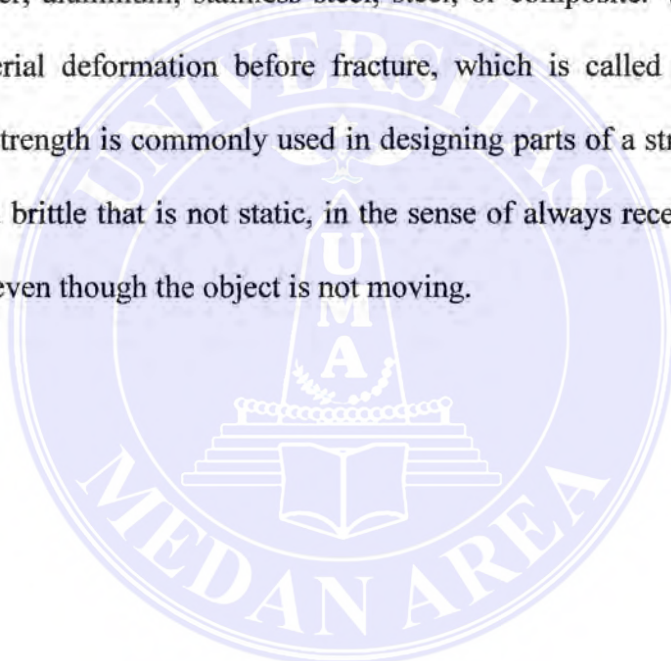
ABSTRAK

Penelitian ini merupakan lanjutan dari pembuatan Alat Uji Tarik di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area, dan dilakukan pengujian untuk mengetahui kekuatan tarik benda Stainless Steel yang diperlakukan dengan pengujian tarik rakitan yang telah kami buat. Dengan adanya Alat Uji Tarik Rakitan ini diharapkan mahasiswa dapat lebih memahami kekuatan suatu benda contohnya seperti logam, kuningan, tembaga, aluminium, stainless steel, baja, ataupun komposit. Kita dapat melihat pada bahan uji Stainless mengalami deformasi sebelum patah, yang disebut dengan elastis (ductile). Kekuatan tarik umumnya digunakan dalam mendesain bagian dari suatu struktur yang bersifat ductile dan brittle yang bersifat tidak statis, dalam arti selalu menerima gaya dalam jumlah besar, meski benda tersebut tidak bergerak.



Abstract

This study is a continuation of the manufacturing tools in the Tensile Test Laboratory Mechanical Engineering University of Medan Area, and conducted tests to determine the tensile strength of objects which are treated with tensile testing of assemblies that we have made. With the Test Equipment Assembled Press is expected students can better understand the power of an object instance as metal, brass, copper, aluminum, stainless steel, steel, or composite. We can see the iron test material deformation before fracture, which is called the elastic (ductile). Tensile strength is commonly used in designing parts of a structure that is both ductile and brittle that is not static, in the sense of always receiving large amounts of force, even though the object is not moving.





DAFTAR ISI

RIWAYAT HIDUP	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tinjauan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematik Penulisan	4
BAB II TINJUAN PUSTAKA	5
2.1. Materia Stanles Steel	5
2.2. Pengujian Tarik Stainlis Steel	24
2.3. Sifat Mekanik Material	24
2.4. Mikroskop Metalurgi	29
2.5. Koefisien Ekspansi Termal	30
2.6. Struktur Mikro Logam	31
2.7. Jenis – Jenis Ikatan dalam bahan padat	32

BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1. Tempat dan Jadwal Penelitian.....	40
3.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	41
3.3. Penyiapan Spesimen Uji	43
3.4. Prosedur Pengujian	44
3.5. Diagram Penelitian	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1. Hasil Penelitian	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	41
Tabel 4.1 Data hasil penelitian	47
Tabel 4.2 Tekanan terhadap diameter benda uji	49
Tabel 4.3 Data Tekanan –Vs- Poison Rasio	50





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stainless Steel dan paduannya merupakan salah satu logam yang paling banyak di manfaatkan oleh manusia selain karena kelimpahannya yang sangat besar di alam dan juga sifat-sifat yang dimiliki oleh Stainless Steel. Stainless Steel memiliki konduktivitas thermal dan elektrik yang baik, relatif lunak, mudah di tempa, memberikan kilau yang indah bila digosok dan mempunyai laju korosi yang lambat. Stainless Steel banyak digunakan untuk alat-alat yang tidak mudah karat, seperti peralatan rumah tangga, bodi mobil, bodi pesawat dan bearing. Sedangkan laju korosi Stainless Steel yang rendah banyak di manfaatkan untuk melapisi logam, besi yang mempunyai laju korosi tinggi misalnya besi. Pelapisan Stainless Steel pada baja dapat mengontrol atmosfer korosi.

Penghalusan ukuran butiran logam dan paduan dengan menggunakan proses termomekanikal treatment adalah suatu dari teknik yang efektif untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis dan penyesuaian paduan logam konvensional khususnya Stainless Steel. Dengan kata lain, penghalusan ukuran butiran (penguatan dengan pengerasan persipitasi) secara teknologi menjanjikan, karena pada umumnya tidak merugikan pengaruh keuletan dan ketangguhan, berbeda dengan sebagian besar metode penguatan lain (pengerasan larutan padat dan pengerasan kerja). Oleh karena itu, metode deformasi plastis menyeluruh berpotensi untuk mendapatkan mikrostruktur (butiran sangat halus) dalam

UNIVERSITAS MEDAN AREA. Formasi mikrostruktur adalah dasar perubahan utama

dalam sifat-sifat bahan dan pencapaian karakteristik lanjut seperti kekuatan yang sangat tinggi dengan keuletan yang cukup, kekuatan kelelahan, umur, ketahanan Stainless Steel.

Setelah proses penelitian bahwa penambahan dapat meningkatkan sifat mekanik bahan paduan, perlakuan panas dengan suhu 400 °C dengan waktu tunggu 1 jam dapat meningkatkan kekerasan permukaan material. Dimana nilai kekerasan 60 BHN, nilai angka keausan 0.000013 gr/min. Setelah dilakukan penelitian bantalan gelinding yang menggunakan material Stainless Steel dapat bertahan cukup lama. Karena itu perlu dilakukan proses perlakuan termomekanikal untuk memperbaiki sifat mekanis Stainless Steel komersial dengan suhu bervariasi 400 °C dengan waktu tunggu 1 jam. Setelah dilakukan proses termomekanikal, kemudian dilakukan proses mekanik dengan cara pengujian kekerasan, pengujian tarik dan pengujian struktur mikro untuk mendapatkan besar butir setelah proses perlakuan termomekanikal.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini adalah melakukan metode pengujian mekanis dan struktur mikro dengan bahan Stainless Steel paduan menggunakan alat uji tarik rakitan.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini menitik beratkan pada perubahan sifat mekanis terhadap kekuatan tarik yang dikerjakan oleh alat uji tarik rakitan. Adapun

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Pembatasan Masalah pada skripsi ini yaitu:

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

1. Material yang digunakan adalah Stainless Steel yang dijual secara komersil.
2. Pengujian tarik dikerjakan pada alat uji tarik rakitan. Yang diuji di laboratorium universitas Medan area
3. Penelitian ini diaplikasikan untuk perbaikan sifat mekanis (kekerasan dan kekuatan tarik) untuk mendapatkan keakuratan alat uji tarik rakitan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan ini dibagi atas tujuan umum dan tujuan khusus

1.4.1 Tujuan Umum

Pengujian sifat mekanis (kekerasan dan kekuatan tarik) Stainless Steel yang terdapat di pasaran dengan proses pengujian alat uji tarik rakitan.

1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari Penelitian ini adalah:

- a. Menganalisa morfologi permukaan pada stainless steel setelah uji tarik.
- b. Menentukan tegangan maksimum, regangan, setelah perlakuan pada bahan stainless steel (uji tarik).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti dapat menambah pengetahuan, wawasan dan pengalaman tentang metalurgi logam.

2. Bagi akademik, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

untuk penelitian tentang pengujian tarik logam.

Document Accepted 20/9/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

3. Bagi industri dapat digunakan sebagai acuan atau pedoman dalam pembuatan bahan stainless steel

1.6 Sistematis Penulisan

Sistematis penulisan disusun sedemikian rupa sehingga konsep penulisan proposal menjadi berurutan dalam kerangka alur pemikiran yang mudah dan praktis. Sistematis tersebut disusun dalam bentuk bab-bab yang saling berkaitan satu sama lain, yaitu:

Bab I Pendahuluan

Bab I yang berisikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan dan pada

Bab II berisikan pendahuluan, stainless steel, aplikasi stainless steel, deformasi menyeluruh, pengujian mekanik, mikrostruktur (Metallography test), perhitungan besar butir dilanjutkan dengan

Bab III metodologi penelitian, waktu dan tempat, prosedur penelitian, pembuatan spesimen, alat pengujian tarik, alat pengujian metalografi, uji hardness dan proses yang di laksanakan dan lanjut dengan

Bab IV berisikan penyajian hasil yang diberikan dari pengujian kekerasan, uji tarik dan metalografi. Dan

Bab V kesimpulan dan saran lanjut dengan

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Stainless Steel

stainless steel, juga dikenal sebagai inox baja atau inox dari segi ilmu metalurgi yang berasal dari bahasa Perancis "inoxidable", adalah baja paduan dengan minimal 10,5%.

kadar krom dengan massa. Stainless steel tidak mudah menimbulkan korosi, karat atau noda dengan air sebagai baja biasa tidak. Namun, tidak sepenuhnya terkecuali dalam oksigen rendah, tinggi-salinitas, atau lingkungan udara sirkulasi yang buruk.

Ada nilai yang berbeda dan selesai permukaan stainless steel sesuai lingkungan paduan harus bertahan. Stainless steel digunakan di mana kedua sifat-sifat baja dan ketahanan korosi yang diperlukan. Stainless steel berbeda dari baja karbon dengan jumlah kromium hadir. Karat baja karbon tanpa kondom mudah bila terkena udara dan kelembaban. Ini film oksida besi (karat) aktif dan mempercepat korosi dengan membentuk oksida besi yang lebih; dan, karena volume yang lebih besar dari oksida besi, ini cenderung mengelupas dan terjatuh. Baja tahan karat mengandung kromium yang cukup untuk membentuk lapisan pasif kromium oksida, yang mencegah lebih lanjut korosi permukaan dengan memblokir difusi oksigen ke permukaan baja dan blok korosi menyebar ke struktur internal logam, dan, karena ukuran yang sama dari baja dan oksida ion, mereka ikatan sangat kuat dan tetap melekat pada permukaan.

Beberapa artefak tahan korosi besi bertahan dari jaman dahulu. Sebuah contoh yang terkenal adalah Pilar Besi Delhi, didirikan atas perintah Kumara Gupta I sekitar tahun 400. Tidak seperti stainless steel, bagaimanapun, artefak ini berutang daya tahan mereka untuk tidak kromium, tetapi konten fosfor tinggi, yang bersama-sama dengan kondisi cuaca lokal yang menguntungkan, mempromosikan pembentukan lapisan pasif pelindung solid oksida besi dan fosfat, daripada retak lapisan karat non-pelindung yang berkembang pada kebanyakan besi. Ketahanan korosi paduan besi-kromium pertama kali diakui pada tahun 1821 oleh metalurgi Perancis Pierre Berthier, yang mencatat perlawanan mereka terhadap serangan oleh beberapa asam dan menyarankan penggunaannya dalam alat pemotong. Metallurgists dari abad ke-19 tidak dapat menghasilkan kombinasi karbon rendah dan krom tinggi ditemukan di sebagian besar baja stainless modern, dan paduan tinggi kromium mereka bisa menghasilkan terlalu rapuh untuk menjadi praktis. Pada akhir 1890-an Hans Goldschmidt Jerman mengembangkan (termit) proses aluminothermic untuk memproduksi kromium bebas karbon. Antara 1904 dan 1911 beberapa peneliti, terutama Leon Guillet dari Perancis, paduan disiapkan yang akan hari ini dianggap stainless steel. Friedrich Krupp Germaniawerft membangun 366-ton berlayar kapal pesiar Germania menampilkan lambung baja krom-nikel di Jerman pada tahun 1908. Pada tahun 1911, Philip Monnartz melaporkan hubungan antara kadar krom dan ketahanan korosi. Pada 17 Oktober 1912, Krupp insinyur Benno Strauss dan Eduard Maurer dipatenkan austenitic stainless steel sebagai Nirosta. Perkembangan serupa terjadi serentak di Amerika Serikat, di mana Christian

Danischen Samfundet Becket yang industrialisasi stainless steel feritik. Pada

tahun 1912, Elwood Haynes mengajukan permohonan paten AS pada paduan stainless steel martensit, yang tidak diberikan sampai 1919. Juga pada tahun 1912, Harry Brearley dari laboratorium penelitian Brown-Firth di Sheffield, Inggris, sementara mencari paduan tahan korosi untuk barel senapan, ditemukan dan kemudian industri paduan stainless steel martensit. Penemuan ini diumumkan dua tahun kemudian dalam sebuah artikel surat kabar Januari 1915 di The New York Times. logam ini kemudian dipasarkan dengan merek 'Staybrite' oleh Firth Vickers di Inggris dan digunakan untuk masuk kanopi baru untuk Savoy Hotel di London pada tahun 1929. Brearley mengajukan permohonan paten AS selama 1915 hanya untuk menemukan bahwa Haynes telah terdaftar paten. Brearley dan Haynes mengumpulkan dana mereka dan dengan sekelompok investor membentuk Amerika Stainless Steel Corporation, dengan kantor pusat di Pittsburgh, Pennsylvania. Dalam stainless steel mulai dijual di Amerika Serikat dengan nama merek yang berbeda seperti 'Allegheny metal' dan 'baja Nirosta'. Bahkan dalam industri metalurgi nama akhirnya tetap tidak tenang; pada tahun 1921 salah satu jurnal perdagangan yang menyebutnya "baja unstainable". Pada tahun 1929, sebelum Depresi Besar melanda, lebih dari 25.000 ton baja stainless yang diproduksi dan dijual di Amerika Serikat.

2.1.1 Oksidasi

untuk lingkungan yang keras. kromium yang membentuk lapisan pasif kromium

(III) oksida (Cr_2O_3) bila terkena oksigen. Lapisan ini terlalu tipis akan terlihat, dan logam tetap berkilau dan halus. Lapisan ini tahan terhadap air dan udara,

melindungi logam di bawah, dan lapisan ini cepat reformasi ketika permukaan tergores. Fenomena ini disebut pasif dan terlihat pada logam lainnya, seperti aluminium dan titanium. Ketahanan korosi dapat terpengaruh jika komponen yang digunakan di lingkungan non-oksigen, satu contoh yang baut keel bawah air limakamkan di kayu. Ketika bagian stainless steel seperti mur dan baut dipaksa bersama-sama, lapisan oksida dapat dikerok, yang memungkinkan bagian-bagian untuk mengelas bersama-sama. Ketika paksa dibongkar, bahan dilas dapat robek dan diadu, efek yang dikenal sebagai menyakitkan. Menyakitkan destruktif ini dapat dihindari dengan menggunakan bahan berbeda untuk bagian-bagian paksa bersama-sama, misalnya perunggu dan stainless steel, atau bahkan berbagai jenis baja tahan karat (martensit terhadap austenitic). Namun, dua paduan yang berbeda elektrik terhubung dalam lingkungan yang lembab dapat bertindak sebagai Voltaic tumpukan dan menimbulkan korosi lebih cepat. Nitronic paduan dibuat oleh paduan selektif dengan mangan dan nitrogen mungkin memiliki kecenderungan berkurang menjadi empedu. Selain itu, sendi berulir dapat dioleskan untuk mencegah menyakitkan. Rendah karburasi suhu adalah pilihan lain yang hampir menghilangkan menyakitkan dan memungkinkan penggunaan bahan yang sama tanpa resiko korosi dan kebutuhan untuk pelumasan.

2.1.2 Asam dan Basa

Stainless steel umumnya sangat tahan terhadap serangan dari asam, namun kualitas ini tergantung pada jenis dan konsentrasi asam, suhu sekitar, dan jenis baja. Tipe 904 tahan terhadap asam sulfat pada suhu kamar, bahkan dalam konsentrasi tinggi, ketik 316 dan 317 yang tahan di bawah 10% dan 304 tidak

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

boleh digunakan pada konsentrasi apapun. Semua jenis stainless steel menahan

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)20/9/23

serangan dari asam fosfat, 316 dan 317 lebih daripada 304; dan Jenis 304L dan 430 telah berhasil digunakan dengan asam nitrat. Asam klorida akan merusak segala jenis stainless steel, dan harus dihindari.

Baja stainless tidak terpengaruh oleh salah satu basa lemah seperti ammonium hidroksida, bahkan dalam konsentrasi tinggi dan pada suhu tinggi. Tingkatan sama stainless terkena basa kuat seperti natrium hidroksida pada konsentrasi tinggi dan suhu tinggi kemungkinan akan mengalami beberapa etsa dan retak, terutama dengan solusi yang mengandung klorida.

Sifat Organik Jenis 316 dan 317 keduanya berguna untuk menyimpan dan penanganan asam asetat, terutama dalam solusi di mana dikombinasikan dengan asam format dan ketika aerasi tidak hadir (oksigen membantu melindungi stainless steel dalam kondisi seperti), meskipun 317 memberikan tingkat terbesar dari perlawanan terhadap korosi. Tipe 304 juga sering digunakan dengan asam format meskipun akan cenderung menghitamkan solusi. Semua nilai tahan terhadap kerusakan akibat aldehida dan amina, meskipun dalam kasus terakhir kelas 316 adalah lebih baik untuk 304; selulosa asetat akan merusak 304 kecuali suhu tetap rendah. Lemak dan asam lemak hanya mempengaruhi kelas 304 pada suhu di atas 150 ° C (302 ° F), dan kelas 316 di atas 260 ° C (500 ° F), sedangkan 317 tidak terpengaruh sama sekali suhu. Jenis 316L diperlukan untuk pengolahan urea. Listrik dan magnet [sunting] Demikian pula untuk baja, stainless steel adalah konduktor yang relatif miskin listrik, dengan daya hantar listrik lebih rendah dari tembaga. Baja feritik dan martensit stainless bersifat magnetis. Anil

baja tahan karat Austenitic non-magnetik. Pengerasan kerja dapat membuat baja

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di lindungi Undang-Undang

lahan karat austenitik sedikit magnetic

Document Accepted 20/9/23

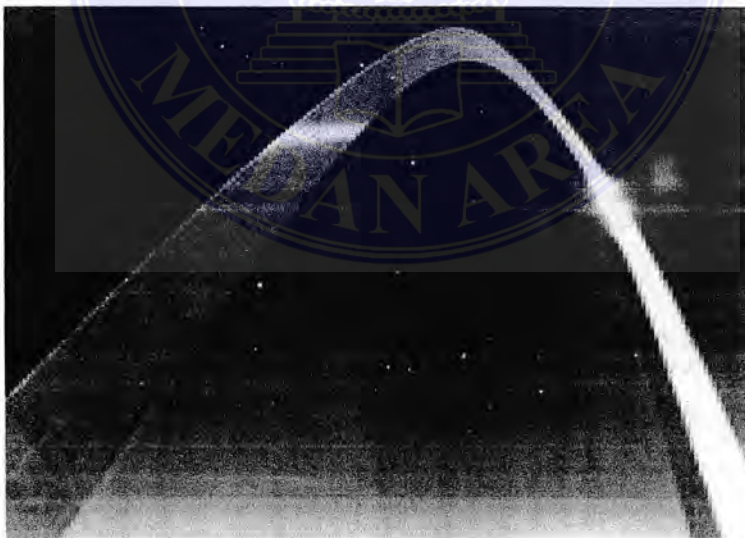
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)20/9/23

Stainless steel digunakan untuk bangunan baik untuk alasan praktis dan estetika. Stainless steel adalah dalam mode selama periode art deco. Contoh yang paling terkenal dari hal ini adalah bagian atas dari Chrysler Building . Beberapa pengunjung dan restoran cepat saji menggunakan panel hias besar dan perlengkapan stainless dan mebel. Karena daya tahan material, banyak dari bangunan ini mempertahankan penampilan asli mereka. Tipe 316 stainless digunakan pada bagian luar kedua Menara Kembar Petronas dan Jin Mao Building, dua gedung pencakar langit tertinggi di dunia. The Parliament House of Australia di Canberra memiliki tiang bendera stainless steel dengan berat lebih dari 220 ton (240 ton pendek). Bangunan aerasi di Fasilitas Edmonton Composting, ukuran rinks 14 kaki, adalah yang terbesar bangunan stainless steel di Amerika Utara, dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Stainless-clad (type 304) Gateway Arch defines St. Louis's skyline

Cala Galdana Bridge di Minorca (Spanyol) adalah jembatan jalan stainless steel pertama



Gambar 2.2. Bangunan The pinnacle of New York's Chrysler Building terbuat dari baja tie 302

Baja tahan karat duplex memiliki mikro campuran austenit dan ferit, tujuannya biasanya menjadi untuk menghasilkan campuran 50/50, meskipun dalam paduan komersial rasio mungkin 40/60. Baja tahan karat duplex memiliki sekitar dua kali kekuatan dibandingkan dengan baja tahan karat austenitik dan juga meningkatkan ketahanan terhadap korosi lokal, khususnya pitting, korosi celah dan korosi retak tegang. Mereka ditandai dengan krom tinggi (19-32%) dan molibdenum (sampai 5%) dan isi nikel lebih rendah dari baja tahan karat austenitik.

Dalam industry badan otomotif Allegheny Ludlum Perusahaan bekerja sama dengan Ford pada berbagai mobil konsep dengan tubuh stainless steel dari tahun 1930-an hingga 1970-an, sebagai demonstrasi potensi material. 195

Cadillac Eldorado Brougham memiliki atap stainless steel. Pada tahun 1981 dan 1982, DeLorean DMC-12 produksi mobil yang digunakan panel bodi stainless steel selama monocoque glass-reinforced plastic. Bus antarkota yang dibuat oleh motor Coach Industries yang sebagian terbuat dari stainless steel. Panel bodi buritan model Porsche Cayman (2-pintu coupe hatchback) yang terbuat dari stainless steel. Hal ini ditemukan pada prototipe tubuh awal bahwa baja konvensional tidak dapat terbentuk tanpa retak (karena banyak kurva dan sudut dalam mobil itu). Dengan demikian, Porsche terpaksa menggunakan stainless steel di Cayman. Mobil penumpang kereta api Mobil rel telah sering diproduksi dengan menggunakan panel baja bergelombang steel (untuk kekuatan struktur tambahan). Hal ini terutama populer pada 1960-an dan 1970-an, tetapi sejak itu menurun. Salah satu contoh penting adalah awal Pioneer Zephyr. Mantan produsen terkemuka dari stainless steel rolling stock termasuk Budd Perusahaan (USA), yang telah dilisensikan ke Jepang Tokyo Car Corporation, dan perusahaan Portugal Sorefame. Banyak railcars di Amerika Serikat masih diproduksi dengan stainless steel, tidak seperti negara-negara lain yang telah bergeser jauh. pesawat Udara Budd juga membangun pesawat, Budd BB-1 Pioneer, tabung stainless steel dan lembar, yang dipajang di Franklin Institute. The American Fleetwings Sea Bird pesawat amfibi dari 1936 juga dibangun menggunakan lambung stainless steel tempat-dilas. Bristol Aeroplane Company dibangun baja semua-stainless

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Bristol 188 pesawat penelitian berkecepatan tinggi, yang pertama kali terbang

Document Accepted 20/9/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)20/9/23

pada tahun 1963. Penggunaan stainless steel di pesawat utama terhalang oleh berat badan yang berlebihan dibandingkan dengan bahan lain, seperti aluminium. perhiasan Valadium, stainless steel dan paduan nikel 12% digunakan untuk membuat kelas dan militer cincin. Valadium biasanya perak-kencang, tetapi dapat elektro-dibebankan untuk memberikan nada emas. Berbagai nada emas dikenal sebagai Sun-lite Valadium.

Pemeliharaan stainless steel Jika dirawat atau disimpan secara tidak benar, setiap kelas stainless steel dapat mengubah warna atau noda. Untuk menjaga penampilan optimal, permukaan harus dirawat secara teratur. Pemeliharaan selama instalasi Kualitas instalasi mempengaruhi daya tahan dan umur dari stainless steel. Oleh karena itu penting untuk memastikan stainless steel dalam kondisi baik sebelum instalasi. Biasanya, memberikan bersih cepat cukup sebelum instalasi. Namun, jika kontaminasi permukaan hadir, perhatian lebih diperlukan. Dalam bidang-bidang seperti aerospace, obat-obatan dan penanganan makanan, standar yang sangat tinggi kebersihan mungkin diperlukan sehingga perawatan ekstra harus diambil. Pemeliharaan diperlukan untuk menjaga kualitas dan penampilan baja. Tergantung pada lingkungan, itu dilakukan antara satu dan sepuluh kali per tahun. Rutinitas perawatan yang tepat secara signifikan memperpanjang kehidupan dari stainless steel. Peralatan yang digunakan untuk pemeliharaan. Kain lembut dan air: cocok untuk masalah kosmetik dan pembersihan umum Mild deterjen: diperlukan jika noda tidak dapat dengan mudah diangkat dengan air Pembersih kaca: berguna untuk menghilangkan sidik jari dan noda yang sama Daur ulang dan penggunaan kembali Stainless steel

UNIVERSITAS MEDAN AREA

adalah 100% dapat didaur ulang.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



Gambar 2.3. Pipa dan fitting yang terbuat dari stainless steel

Sebuah objek stainless steel rata terdiri dari sekitar 60% bahan daur ulang dimana sekitar 40% berasal dari end-of-hidup produk dan sekitar 60% berasal dari proses manufaktur. Menurut Logam Saham Sumber Daya Panel Internasional dalam laporan Masyarakat, saham per kapita dari stainless steel digunakan di masyarakat adalah 80-180 kg di beberapa negara maju dan 15 kg di negara-negara berkembang. Ada pasar sekunder yang mendaur ulang memo dapat digunakan untuk banyak pasar stainless steel. Produk ini sebagian besar coil, lembaran dan kosong. Bahan ini dibeli dengan harga kurang prima dan dijual kepada stampers kualitas komersial dan rumah lembaran logam. Materi yang mungkin memiliki goresan, lubang dan penyok tapi dibuat dengan spesifikasi saat ini.

2.1.3 Jenis - jenis stainless st

SAE baja Pipa dan alat kelengkapan yang terbuat dari stainless steel Ada berbagai jenis baja tahan karat: ketika nikel ditambahkan, misalnya, struktur austenit besi distabilkan. Struktur kristal ini membuat baja tersebut hampir non-magnetik dan kurang rapuh pada suhu rendah. Untuk kekerasan dan kekuatan yang lebih besar, lebih banyak karbon ditambahkan. Dengan perlakuan panas yang tepat, baja ini digunakan untuk produk-produk seperti pisau cukur, sendok garpu, dan alat-alat. Jumlah yang signifikan dari mangan telah digunakan dalam banyak komposisi stainless steel. Mangan mempertahankan struktur austenitic dalam baja, mirip dengan nikel, tetapi dengan biaya yang lebih rendah.

Stainless steel juga diklasifikasikan oleh struktur kristal mereka: Austenitik, atau 200 dan seri 300, baja tahan karat memiliki struktur kristal austenitic, yang merupakan struktur kristal kubik berpusat muka. Baja austenit membuat lebih dari 70% dari total produksi stainless steel. Mereka mengandung maksimum 0,15% karbon, minimal 16% kromium dan nikel yang cukup dan / atau mangan untuk mempertahankan struktur austenitic pada semua suhu dari wilayah kriogenik untuk titik leleh paduan. 200 paduan kromium-nikel-mangan Seri-austenitic. Tipe 201 adalah hardenable melalui pengerjaan dingin; Tipe 202 adalah tujuan umum stainless steel. Penurunan kandungan nikel dan meningkatkan hasil mangan di ketahanan korosi yang lemah. 300 Series-yang paling banyak digunakan baja austenit adalah 304, juga dikenal sebagai 18/8 untuk komposisi 18% kromium dan nikel 8%. 304 dapat disebut sebagai A2 stainless (tidak harus bingung dengan kelas A2 baja, juga bernama Alat baja,

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

baja). Baja austenit kedua yang paling umum adalah 316 kelas, juga disebut kelas

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

laut stainless, digunakan terutama untuk ketahanan meningkat menjadi korosi. Komposisi khas 18% kromium dan 10% nikel, umumnya dikenal sebagai 18/10 stainless, sering digunakan dalam alat makan dan berkualitas tinggi peralatan masak. 18/0 juga tersedia.

Baja tahan karat superaustenitic, seperti paduan AL-6XN dan 254SMO, menunjukkan ketahanan yang bagus untuk klorida pitting dan korosi celah karena kandungan tinggi molibdenum (> 6%) dan penambahan nitrogen, dan kandungan nikel yang lebih tinggi menjamin ketahanan yang lebih baik terhadap stres-korosi retak dibandingkan seri 300. Semakin tinggi kandungan paduan baja superaustenitic membuat mereka lebih mahal. Baja lain dapat menawarkan kinerja yang sama dengan biaya lebih rendah dan lebih disukai dalam aplikasi tertentu, misalnya ASTM A387 digunakan dalam bejana tekan, tetapi merupakan baja karbon paduan rendah dengan kandungan kromium dari 0,5% menjadi 9%. Low-karbon versi, misalnya 316L atau 304L, digunakan untuk menghindari masalah korosi yang disebabkan oleh pengelasan. Kelas 316LVM lebih disukai di mana biokompatibilitas diperlukan (seperti implan tubuh dan tindikan). The "L" berarti bahwa kandungan karbon paduan berada di bawah 0,03%, yang mengurangi efek sensitisasi (presipitasi) yang disebabkan oleh suhu tinggi yang terlibat dalam pengelasan. Baja tahan karat feritik umumnya memiliki sifat teknis yang lebih baik daripada nilai austenitic, tetapi telah mengurangi ketahanan korosi, karena kromium dan nikel konten yang lebih rendah. Mereka juga biasanya lebih murah. Mereka mengandung antara 10,5% dan 27% kromium dan sedikit nikel, jika ada, tetapi beberapa jenis dapat

UNIVERSITAS MEDAN AREA

mengandung timbal. Kebanyakan komposisi meliputi molibdenum, beberapa

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)20/9/23

aluminium atau titanium. Feritik umum meliputi 18Cr-2Mo, 26Cr-1Mo, 29Cr-4Mo, dan 29Cr-4Mo-2Ni. Paduan ini dapat terdegradasi oleh kehadiran kromium, fase intermetalik yang dapat memicu pada pengelasan. Pisau Swiss Army yang terbuat dari stainless steel martensit. Baja tahan karat martensit yang tidak tahan korosi sebagai dua kelas lain tetapi sangat kuat dan tangguh, serta sangat machinable, dan dapat dikeraskan dengan perlakuan panas. Stainless steel martensit mengandung kromium (12-14%), molibdenum (0,2-1%), nikel (kurang dari 2%), dan karbon (sekitar 0,1-1%) (memberikan lebih kekerasan tetapi membuat materi sedikit lebih rapuh). Hal ini dipadamkan dan magnetik. Baja tahan karat duplex memiliki mikro campuran austenit dan ferit, tujuannya biasanya menjadi untuk menghasilkan campuran 50/50, meskipun dalam paduan komersial rasio mungkin 40/60.

Baja tahan karat duplex memiliki sekitar dua kali kekuatan dibandingkan dengan baja tahan karat austenitik dan juga meningkatkan ketahanan terhadap korosi lokal, khususnya pitting, korosi celah dan korosi retak tegang. Mereka ditandai dengan krom tinggi (19-32%) dan molibdenum (sampai 5%) dan isi nikel lebih rendah dari baja tahan karat austenitik. Baja tahan karat martensit presipitasi-pengerasan memiliki ketahanan korosi sebanding dengan varietas austenitik, tetapi dapat presipitasi mengeras dengan kekuatan lebih tinggi daripada nilai martensit lainnya. Yang paling umum, 17-4PH, menggunakan sekitar 17% kromium dan 4% nikel. Sifat-sifat baja tahan karat duplex yang dicapai dengan konten paduan keseluruhan yang lebih rendah dari nilai super-austenitic mirip-performing, mengefektifkan biaya penggunaannya untuk banyak aplikasi. Nilai

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Duplex ditandai dalam kelompok berdasarkan konten paduan mereka dan

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)20/9/23

ketahanan korosi. Duplex ramping mengacu pada nilai seperti UNS S32101 (LDX 2101), S32304, dan S32003. Standar duplex adalah 22% kromium dengan UNS S31803 / S32205 dikenal sebagai 2205 yang paling banyak digunakan. Super duplex adalah dengan definisi baja stainless dupleks dengan Nomor Equivalent Pitting Resistance (PREN) > 40 , di mana $PREN = \% Cr + 3.3x (\% Mo + 0.5x\% W) + 16x\% N$. Biasanya nilai duplex super lebih dan beberapa contoh umum adalah S32760 (Zeron 100 via Rolled Paduan), S32750 (2507) dan S32550 (Ferrarium),. Duplex Hyper mengacu pada nilai duplex dengan $PRE > 48$ dan saat ini hanya UNS S32707 dan S33207 yang tersedia di pasar.

Pengembangan material sebagai komponen alat konstruksi dan pekasas khususnya bantalan diusahakan untuk mencapai sifat-sifat mekanik bahan yang lebih unggul dari sebelumnya, terutama keunggulan dalam hal penerapan diberbagai kondisi operasional. Salah satu tujuan terpenting dalam pengembangan material adalah menentukan apakah struktur dan sifat-sifat material optimum agar daya tahan dicapai maksimum. Secara umum dapat dikategorikan:

1. BAJA KARBON RENDAH

Yaitu baja yang mengandung karbon kurang dari 0,30%. Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam bentuk pelat, profil, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan mesin, dan lain-lain.

2. BAJA KARBON SEDANG

Baja ini mengandung karbon antara 0,30% – 0,60 %. Didalam perdagangan biasanya dipakai sebagai alat-alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, ragum, pegas dan lain-lain.

3. BAJA KARBON TINGGI

Baja karbon tinggi ialah baja yang mengandung karbon antara 0,6% – 1,5%. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau dalam penggunaannya akan menerima atau mengalami panas, misalnya landasan, palu, gergaji, pahat, kikir, bor, bantalan peluru, dan sebagainya (Amanto,1999).

Beberapa jenis baja karbon tinggi:

a. Baja konstruksi umum

Baja konstruksi umumnya terdiri atas baja karbon dan baja kualitas tinggi tanpa paduan yang dipertimbangkan atas tegangan tarik yang tinggi. Baja jenis ini banyak digunakan dalam konstruksi bangunan, gedung, jalan, poros mesindan roda gigi.

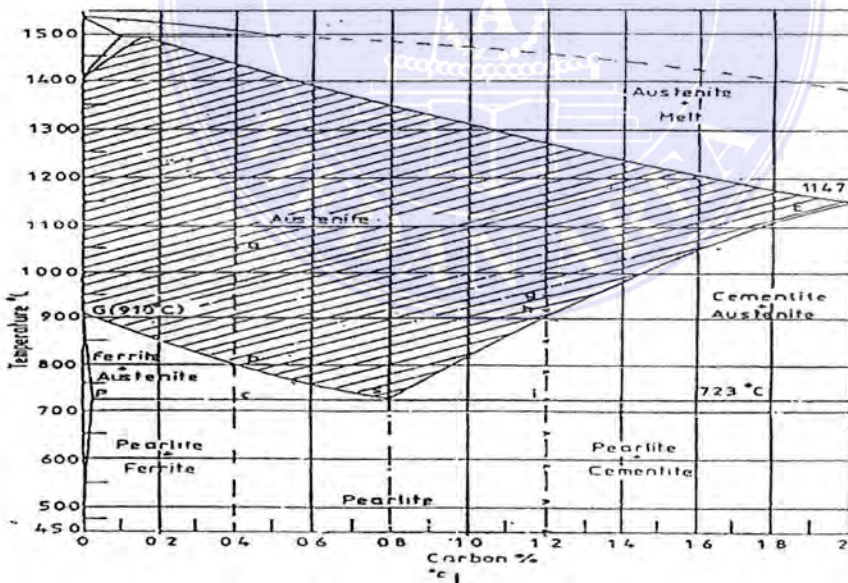
b. Baja otomat

Baja otomat terdiri dari baja paduan tinggi, baja ini mengandung 0,07-0,65% Karbon, 0,18-0,% Belerang, 0,6-1,5% Mangan, 0,05-0,4% Silisium.

c. Baja case hardening

Baja jenis ini diperoleh dengan cara menaruh baja karbon rendah dalam bahan yang kaya akan kandungan karbon dan dipanaskan bersama dalam oven sampai suhu kritis atas, baja *case hardening* tetap liat pada bagian inti namun keras pada bagian permukaan.

Berdasarkan hasil pemaduan antara besi dengan karbon, karbon berada di dalam besi dapat berbentuk larutan atau berkombinasi membentuk karbida besi (Fe_3C). Diagram fasa menggambarkan diagram fasa besi karbon untuk seluruh rentang paduan besi dengan karbon yang mencakup baja dan besi cor. Kadar karbon pada diagram tersebut bervariasi dari nol sampai 2%. Seperti pada tabel atau diagram fasa besi karbon.

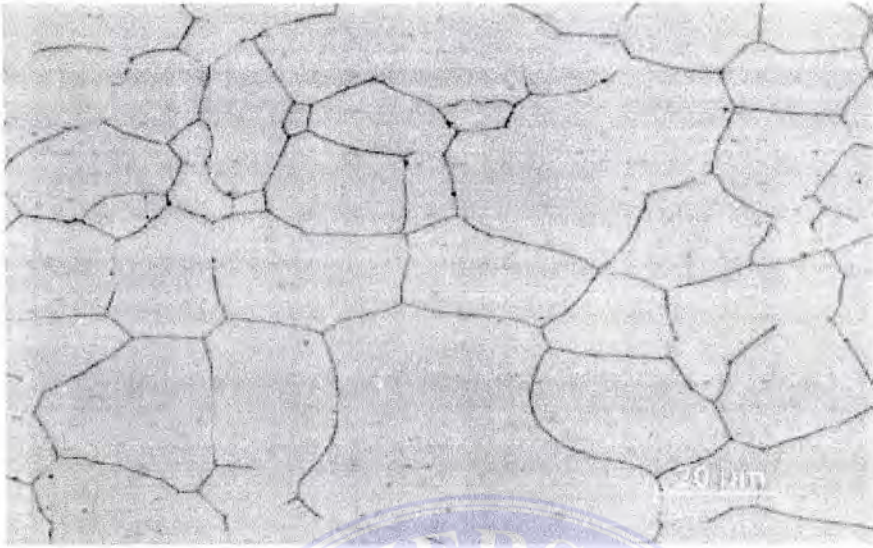


Gambar 2.4. Diagram Fe-C/fasa (Rochim Suratman,1994:93)

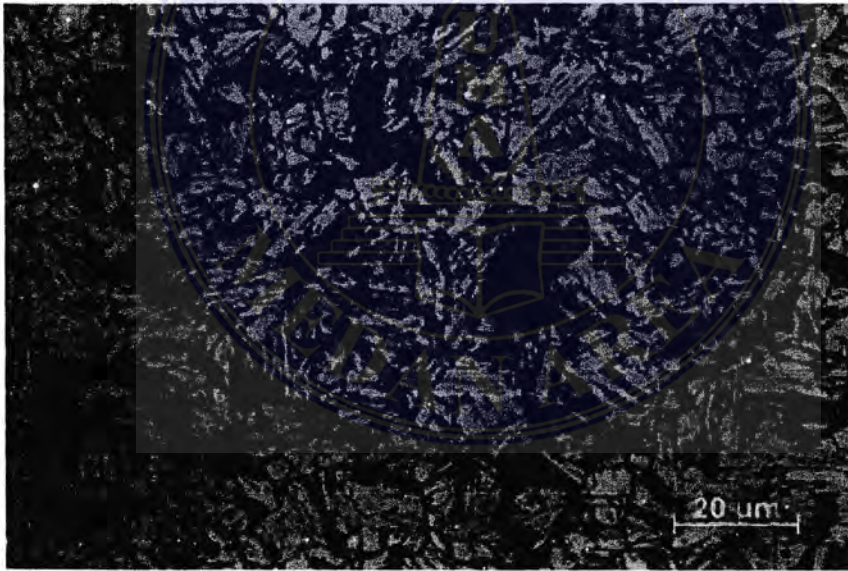
Karbon adalah unsur penstabil *austenit*. Larutan maksimum dari karbon pada *austenit* adalah sekitar 1,7% (E) pada 11400C. Sedangkan larutan karbon pada *ferrit* naik dari 0% pada 9100C menjadi 0,025% pada 7230C. Pada pendinginan lanjut, larutan karbon pada *ferrit* menurun menjadi 0,08% pada temperatur kamar. Pada saat presentase karbon mencapai 0,8% pada temperatur 7230C, titik ini disaebut titik *eutectoid*. Baja untuk kadar karbon 0,8% disebut baja *eutectoid* dan sedangkan baja dengan kadar karbon lebih dari 0,8% disebut baja *hypereutectoid*.

Baja *eutectoid* didinginkan dari temperatur austenitisasinya, maka pada saat titik-titik sepanjang garis tersebut akan bertransformasi menjadi satu campuran *eutectoid* yang disebut *pearlit*. Jika baja *hypoeutectoid* didinginkan dari temperatur austenitisasi, pada saat garis GS, *ferrit* akan terbentuk disepanjang batas butir *austenit*. Jika baja *hypereutectoid* didinginkan dari temperatur austenitisasinya akan terjadi pemisahan *cementit* pada batas butir *austenit* disepanjang garis SE.

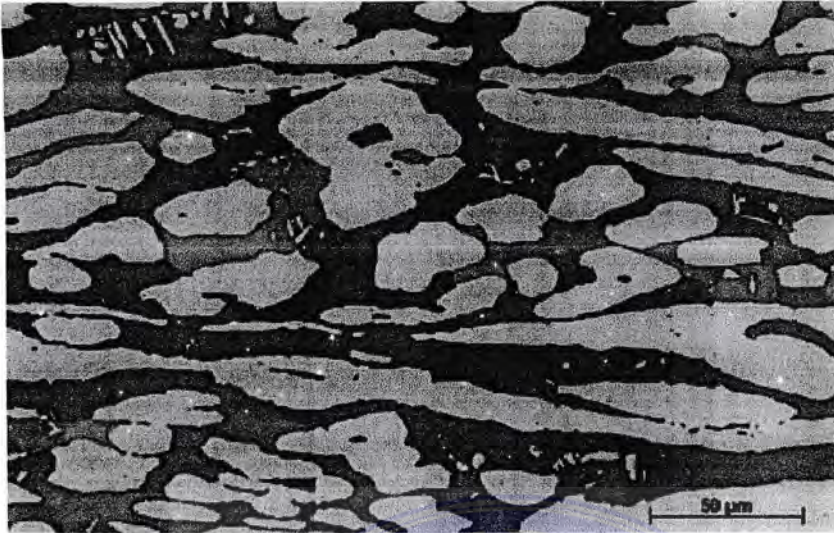
Sifat *allotropik* dari besi memungkinkan adanya variasi struktur mikro pada berbagai jenis baja. Pengertian *allotropik* adalah adanya transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain. Besi sangat stabil pada temperatur di bawah 910o C dan disebut sebagai besi alfa (Fe α). Pada temperatur antara 910o C dan 1392o C, besi dikenal dengan besi gamma (Fe γ).



Gambar 2.5. Ferritic microstructure showing equiaxed grains. Some presence of small inclusions and Ti(CN) can be observed.



Gambar 2.6. Martensitic mikrostrutur



Gambar 2.7. Duplex mikrostruktur.



Gambar 2.8. Aplikasi material Stainless Steel pada industri rumah tangga dan seni

2.2 Pengujian Tarik Stainless steel

Pengujian tarik merupakan pengujian yang sering digunakan untuk menentukan sifat-sifat mekanis dari suatu material seperti tegangan maksimal, tegangan luluh dan tegangan. Umumnya benda uji yang digunakan adalah padat dan silindris, beberapa ada yang berbentuk lembaran plat maupun berbentuk seperti pipa dalam berbagai ukuran. Specimen kemudian dicekam diantara kedua penjepit pada mesin uji tarik dimana mesin ini dilengkapi dengan berbagai control sehingga specimen dapat diuji pada laju peregangan dan temperatur yang berbeda. Beban yang bekerja pada specimen serta perubahan panjang yang terjadi akibat beban itu semua dicatat pada suatu diagram. Dimana diagram tersebut dinamakan diagram tegangan regangan. Dengan menggunakan diagram kita bisa meneliti apa yang terjadi apabila batang uji tersebut diregangkan secara berangsur-angsur dari uji tarik suatu material.

Dimana sumbu horizontal adalah sumbu perpanjangan batang akibat gaya yang meregangkan yang dinyatakan dalam (N/mm²) dan sumbu yang garisnya vertical adalah sumbu gaya peregangannya yang dinyatakan dalam persen (%).

2.3 Sifat Mekanik Material

Pemahaman yang menyeluruh mengenai sifat-sifat material, perlakuan, dan proses pembuatannya sangat penting untuk perancangan mesin yang baik. Sifat material umumnya diklasifikasikan menjadi sifat mekanik, sifat fisik, sifat kimiawi. Sifat mekanik secara umum ditentukan melalui pengujian destruktif dari sampel material pada kondisi pembebanan yang terkontrol. Sifat mekanik yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

paling baik adalah didapat dengan melakukan pengujian prototipe atau desain

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id) 20/9/23

sebenarnya dengan aplikasi pembebanan yang sebenarnya. Namun data spesifik seperti ini tidak mudah diperoleh sehingga umumnya digunakan data hasil pengujian standar seperti yang telah dipublikasikan oleh ASTM (*American Society of Mechanical Engineer*).

2.3.1 Uji Tarik dan *Tensile Strength*

Spesimen uji standar yang biasa dipakai ditunjukkan pada gambar 2.1. Batang yang dipakai untuk pengujian material biasanya mempunyai diameter standar d_0 dan panjang ukur standar l_0 . Panjang ukur adalah panjang tertentu sepanjang bagian yang berdiameter kecil dari spesimen yang ditandai dengan dua takikan sehingga pertambahan panjangnya dapat diukur selama pengujian. Pengujian dilakukan dengan menarik batang uji perlahan-lahan sampai patah, sementara beban dan jarak panjang ukur dimonitor secara kontinu. Contoh hasil pengujian ini adalah kurva tegangan-regangan seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.2. Hasil uji tarik dapat ditampilkan dalam bentuk kurva “Tegangan-regangan”. Dimana Tegangan (σ) didefinisikan sebagai beban per satuan luas dan untuk spesimen uji tarik dirumuskan sebagai berikut :

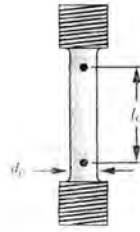
$$2.1 \quad \sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots$$

Dimana P adalah beban yang bekerja sedangkan A_0 adalah luas penampang spesimen. Satuan untuk tegangan adalah Psi atau Pa.

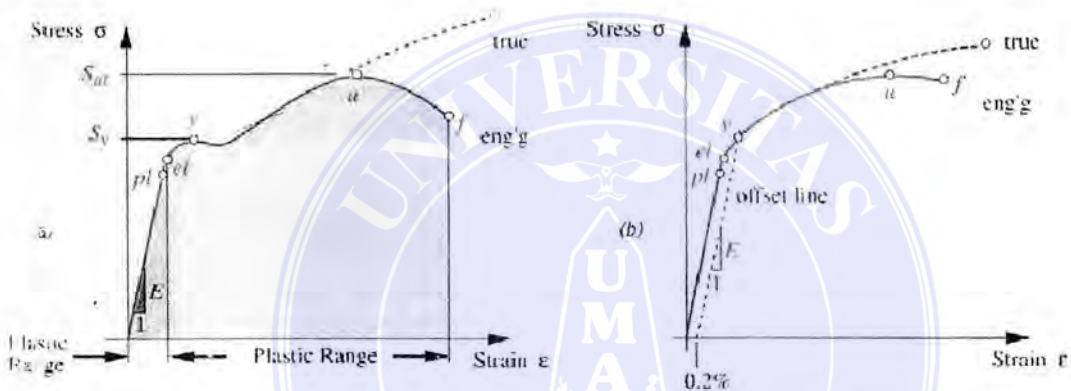
Regangan adalah perubahan panjang per satuan panjang dan dapat dihitung sebagaiberikut :

$$2.2 \quad \epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \dots\dots\dots$$

Dimana l_0 adalah panjang awal sedangkan l adalah panjang spesimen setelah



Gambar 2.7. Duplex mikrostruktur.



Gambar 2.10. Kurva tegangan-regangan hasil uji tarik, (a) baja karbon rendah, (b) baja karbon tinggi(*annealed*)

Sifat-sifat material yang dapat ditentukan dari uji tarik adalah :

2.3.2 Modulus elastisitas

Titik pl pada gambar 2.2 menunjukkan batas “proporsional” dimana dibawah titik itu tegangan sebanding dengan regangan. E adalah kemiringan kurva tegangan-regangan sampai batas proporsional dan disebut sebagai Modulus Elastisitas material atau Modulus Young. E adalah merupakan ukuran kekakuan material pada batas elastisnya.

2.3.3 Batas elastis (*elastic limit*)

Titik *el* pada gambar 2.2a adalah batas elastis, atau titik dimana bila batas ini terlewati, material akan mengalami perubahan permanen atau deformasi plastis. Batas elastis ini juga merupakan tanda batas daerah perilaku elastis dengan daerah perilaku plastis.

2.3.4 Kekuatan luluh (*Yield Strength*)

Pada titik *y*, material mulai mengalami luluh dan laju deformasinya meningkat. Titik ini disebut titik luluh (*yield point*) dan nilai tegangan pada titik ini didefinisikan sebagai kekuatan luluh material (S_y). Untuk material yang tidak mempunyai titik luluh yang jelas, kekuatan tarikanya harus didefinisikan dengan menggunakan garis offset. Garis offset ini digambar paralel dengan kurva elastis dan di-offset sejauh 0,2% dari regangan total pada sumbu regangan.

2.3.5 Kekuatan tarik ultimat (*Ultimate Tensile Strength*)

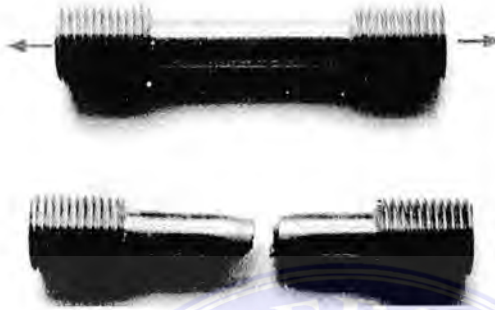
Tegangan pada kurva tegangan-regangan akan terus meningkat sampai mencapai puncak atau nilai kekuatan tarik ultimat (S_u) pada titik *u*. Pada gambar 2.2 terdapat dua kurva pada masing-masing gambar. Kedua kurva ini adalah kurva tegangan-regangan teknik (*engineering stress-strain curve*) dan kurva tegangan-regangan sebenarnya (*true stress-strain curve*). Pada kurva tegangan-regangan teknik, perhitungan tegangan dan regangan dilakukan dengan menggunakan luas penampang awal A_0 , dan panjang ukur awal, l_0 , sedangkan pada kurva tegangan-regangan sebenarnya perhitungan dilakukan dengan memperhitungkan perubahan luas penampang dan panjang sebenarnya.

2.3.6 Keuletan dan kegetasan

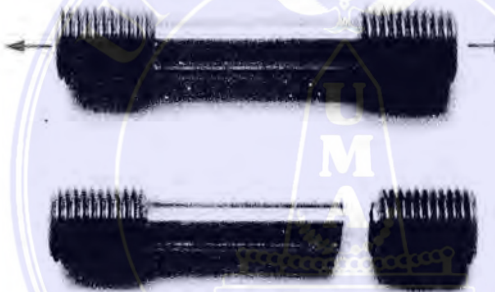
Keuletan (*ductility*) adalah sifat material yang didefinisikan sebagai kecenderungan material untuk mengalami deformasi secara signifikan sebelum patah. Adapun ukuran keuletan suatu material diukur dengan menggunakan persen perpanjangan sebelum patah atau persen pengurangan luas sebelum patah.

Material dengan perpanjangan lebih dari 5% pada saat patah dianggap sebagai

Kegetasan adalah sifat material yang didefinisikan sebagai ukuran tidak adanya deformasi sebelum patah. Contoh bentuk patahan spesimen untuk material ulet dan getas ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.11. (a) Spesimen baja ulet setelah patah,



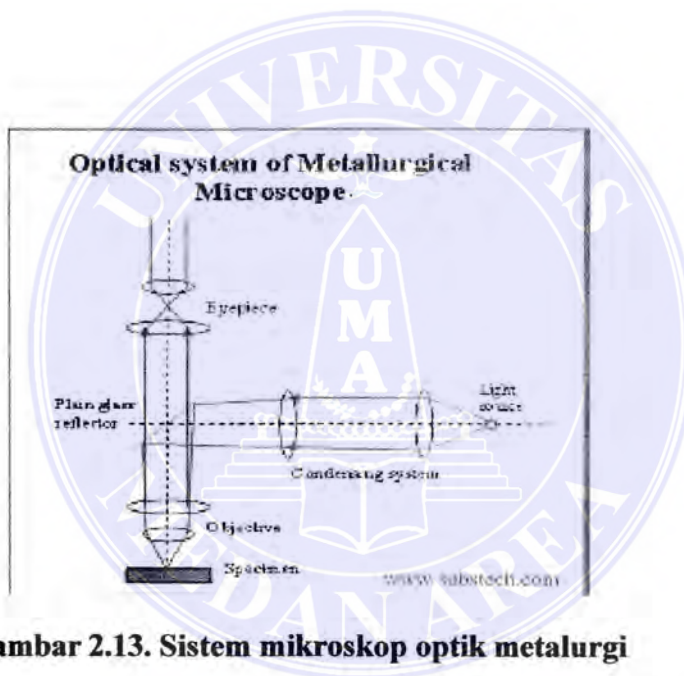
Gambar 2.12. (b) Spesimen besi cor getas setelah patah

2.3.7 Elongation (perpanjangan)

Pertambahan panjang suatu bahan setelah mengalami uji tarik disebut elongation. Nilai keuletan suatu bahan biasa ditunjukkan dari harga elongation ini. Apabila harga elongation besar maka bahan tersebut dikatakan ulet (ductility). Keuletan (ductility) adalah kemampuan logam untuk berdeformasi plastis sebelum putus.

2. 4 Mikroskop Metalurgi

Mikroskop metalurgi merupakan mikroskop optik yang berbeda dari yang lain yaitu dalam metode iluminasi specimen mikroskop. Metode ini menyebabkan bahan logam harus diterangi oleh pencahayaan frontal, sehingga cahaya berada di dalam tabung mikroskop. Skema mikroskop metalurgi optik diperlihatkan pada gambar 2.12,



Gambar 2.13. Sistem mikroskop optik metalurgi

Parameter yang penting dalam mikroskop metalurgi meliputi pembesaran dan resolusi. Umumnya perbesaran dari mikroskop metalurgi berada dalam kisaran 50 kali sampai 1000 kali sedangkan resolusi merupakan ketajaman gambar suatu objek oleh perangkat optik yang baik. Mikroskop metalurgi digunakan untuk berbagai aplikasi diantaranya manufaktur wafer semikonduktor silicon, inspeksi pengendali mutu, kristalografi, analisis besi tuang dalam pengecoran logam

juga dapat digunakan untuk analisis mikrostruktur.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

2.5 Koefisien Ekspansi Termal

Pada umumnya material apabila dipanaskan atau didinginkan akan mengalami perubahan panjang dan volume secara bolak – balok (reversible), sepanjang material tersebut tidak mengalami kerusakan (distorsi) yang permanen. Sifat ekspansi termal dari paduan logam CuPbSn sangat penting karena ada kaitannya dengan aplikasinya yaitu pada bushing. Untuk bushing yang baik, diharapkan koefisien bahan tersebut harus kecil. Pengujian ekspansi termal untuk bahan ini digunakan thermomechanical analyzer (TMA). Thermomechanical analyzer (TMA) merupakan bagian dari instrumen analisis termal, seperti DTA, TGA dll. yang digunakan untuk menentukan perubahan sifat – sifat mekanik dari bahan uji melalui pemanasan atau pendinginannya. Melalui analisa grafik yang dicatat recorder TMA, dapat diitung besarnya koefisien ekspansi termal dengan persamaan (Tipler,P.A.,1998),

$$(2.5) \quad \alpha = \frac{\Delta L}{l_0 \Delta T}$$

dimana :

α = koefisien ekspansi thermal (/ oC)

l_0 = panjang sampel uji mula – mula (mm)

ΔT = perubahan temperatur pemanasan (oC)

ΔL = perubahan panjang (mm)

2.6 Struktur Mikro Logam

Struktur mikro merupakan butiran – butiran suatu benda logam yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, sehingga perlu menggunakan mikroskop optik atau mikroskop elektron untuk pemeriksaan butiran – butiran logam tersebut. Struktur material berkaitan dengan komposisi, sifat, sejarah dan kinerja pengolahan, sehingga dengan mempelajari struktur mikro akan memberikan informasi yang menghubungkan komposisi dan pengolahan sifat serta kinerjanya. Analisis struktur mikro digunakan untuk menentukan apakah parameter struktur berada dalam spesifikasi tertentu dan didalam penelitian digunakan untuk menentukan perubahan – perubahan struktur mikro yang terjadi sebagai akibat komposisi atau perlakuan panas.

Data mengenai berbagai sifat logam yang mesti dipertimbangkan selama proses akan ditampilkan dalam berbagai sifat mekanik, fisik, dan kimiawi bahan pada kondisi tertentu. Untuk memanfaatkan data tersebut sebaik mungkin, perlu diketahui sifat asal logam yang menyebabkan logam menjadi kuat dan bagaimana sifat itu berubah selama proses produksinya.

Sifat bahan diperoleh dari hasil:

- a. interaksi antar atom bahan.
- b. perilaku gugus-gugus atom tersebut (mungkin mempunyai struktur kristalin yang teratur).
- c. atribut yang berkaitan dengan gabungan gugus-gugus atom tersebut.

Untuk memperoleh pengertian mendasar mengenai sifat bahan, dalam bab ini akan dibahas pengaruh struktur atom, struktur kristalin, dan perilaku bahan

2.7 Jenis - Jenis Ikatan dalam bahan padat

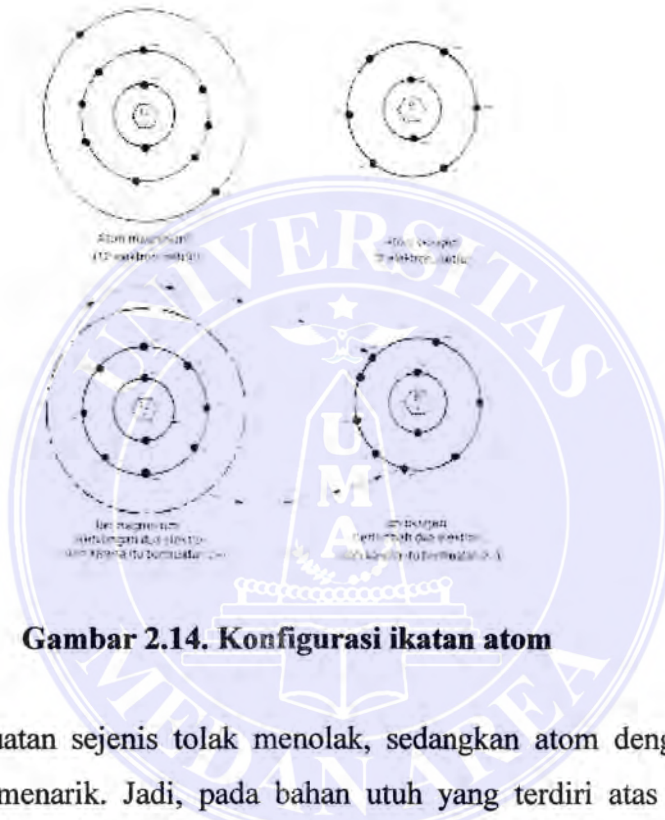
Atom terdiri atas inti atom bermuatan positif yang dikelilingi oleh sejumlah elektron (yang dianggap tidak bermassa), jumlah muatan elektron sama dengan muatan inti sehingga secara keseluruhan atom itu netral, dan tidak bermuatan. Elektron tersusun dalam beberapa tingkatan energi atau kulit energi. Kulit energi terluar mempunyai ikatan yang paling lemah dengan intinya. Gambar 2.13 memperlihatkan gambaran dua dimensi untuk magnesium, jenis atom logam yang memiliki dua elektron pada kulit terluar, dan oksigen, atom unsur bukan logam yang mempunyai enam elektron pada kulit paling luar. Keduanya mempunyai dua elektron pada kulit yang paling dekat dengan intinya.

Kemampuan interaksi antar atom berkurang bila kulit terluar diduduki oleh delapan elektron. Atom yang tidak memiliki konfigurasi ini selalu berusaha untuk membentuk ikatan sedemikian rupa sehingga mencapai konfigurasi ini. Karakteristik inilah yang mendorong terbentuknya tiga jenis ikatan atom yaitu ikatan ionik, ikatan kovalen, dan ikatan logam.

a. Ikatan Ionik

Ikatan ionik terjadi antara atom logam dan atom bukan logam dan merupakan ikatan yang sangat kuat. Bahan dengan ikatan ionik mempunyai ciri: temperatur lebur tinggi, keras, dan rapuh. Ikatan ionik terbentuk bila atom oksigen "menangkap" dua elektron terluar atom magnesium. Dengan demikian, atom oksigen bertambah dua muatan negatif dan atom magnesium kehilangan dua elektron terluarnya sehingga mempunyai kelebihan dua muatan positif. Baik oksigen maupun magnesium kini memiliki delapan elektron pada kulit terluarnya

yang tadinya netral itu sekarang mempunyai muatan elektrostatis yang berlawanan dan inilah yang menghasilkan ikatan ionik, seperti tampak pada Gambar 2.15 yang merupakan gambar dua dimensi senyawa oksida magnesium (MgO).

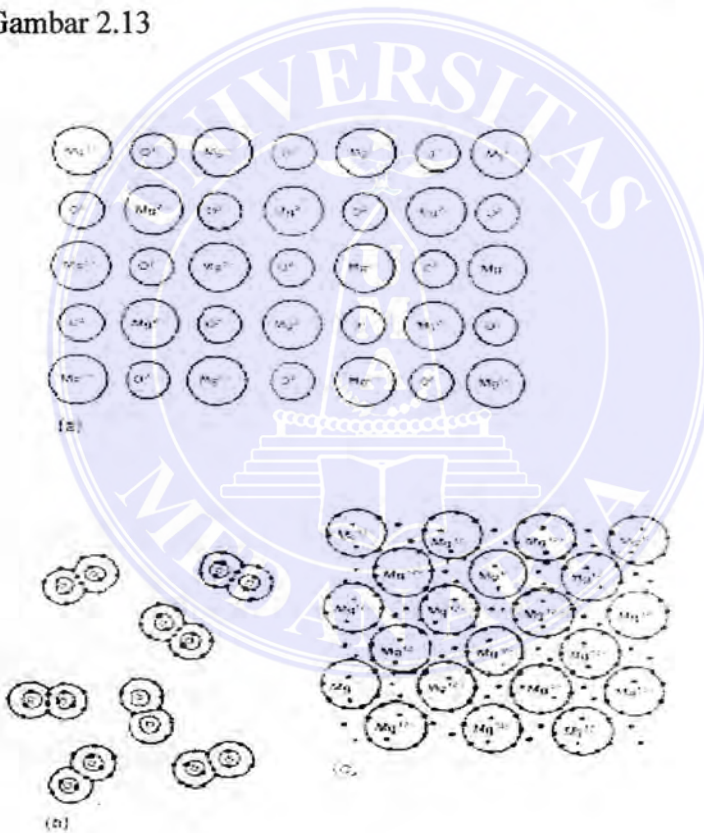


Gambar 2.14. Konfigurasi ikatan atom

Atom bermuatan sejenis tolak menolak, sedangkan atom dengan muatan berlawanan tarik menarik. Jadi, pada bahan utuh yang terdiri atas atom yang berikatan ionik, terbentuk struktur kristal dengan pola teratur dalam tiga dimensi. Tiap atom dikelilingi oleh atom dengan muatan yang berlawanan. Kekuatan senyawa seperti ini ditentukan oleh kekuatan ikatan elektrostatis antar atom tak sejenis, dan kerapuhannya ditentukan oleh ketahanan atom bermuatan terhadap usaha yang memaksanya menduduki posisi dekat dengan atom yang bermuatan sama. Oksida magnesium menentang gaya yang mendekatkan atom oksigen dan atom magnesium dengan atom sejenis. Bila gaya tersebut cukup besar, kristal akan retak.

b. Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen terjadi antara atom dengan empat elektron atau lebih pada kulit terluarnya, suatu kondisi yang dijumpai pada unsur bukan logam. Sebuah atom tak mungkin menampung semua elektron kulit terluar atom lain. Sekiranya hal itu terjadi, maka kulit elektron terluarnya akan kelebihan elektron (jumlah ideal adalah delapan elektron). Bila terdapat empat elektron atau lebih pada kulit terluar, atom sedemikian rupa sehingga mereka dapat berbagi elektron luar, tampak pada Gambar 2.13



Gambar 2.14. Konfigurasi ikatan atom

Pada gambar ini terlihat dua atom oksigen berbagi elektron sehingga setiap atom mempunyai delapan elektron. Ikatan antara bagian atom sangat kuat, tetapi

ikatan antara pasangan lemah, demikian lemahnya sehingga oksigen tidak dapat meleleh dan membentuk kristal mencapai temperatur yang sangat rendah. Bahan

yang mempunyai ikatan kovalen dapat berbentuk gas, cairan, atau padatan dan ikatan ini merupakan ikatan yang kuat. Untuk penerapan di bidang teknik, kita mengambil contoh yang relevan, misalnya karbon. Atom karbon mempunyai empat elektron pada kulit terluarnya. Agar jumlah elektron tersebut mencapai delapan, karbon dapat bersenyawa dengan atom karbon lainnya atau dengan empat buah atom berelektron tunggal (pada kulit terluar) seperti hidrogen. Dengan hidrogen, karbon akan membentuk metana (CH_4). Dengan dua atom yang mempunyai elektron ganda (pada kulit terluarnya) seperti oksigen, karbon membentuk dioksida karbon (CO_2). Dengan atom karbon lain, akan terbentuk dua jenis kristal karbon. Bentuk pertama adalah intan. Intan mempunyai struktur kubik dengan atom pada posisi rangkaian tetragonal, sedangkan bentuk kedua mempunyai atom karbon dalam rangkaian bidang heksagonal dan disebut grafit. Grafit dikenal dengan sifat pelumasnya akibat susunan bidangnya yang dapat saling bergeseran. Walaupun atom karbon dikelilingi oleh delapan elektron, jenis ikatannya agak berbeda. Jarak antar bidang lebih besar daripada jarak antar atom dalam bidang itu sendiri, sehingga gaya ikat antar bidang lemah. Selain itu, ikatan semacam ini menggunakan tiga elektron per atom, sedangkan elektron keempat bebas atau dapat bergerak dalam bidang yang sejajar dengan kulit.

Atom karbon yang membentuk ikatan dengan atom lain seperti hydrogen sering kali membentuk rantai atau untai yang panjang. Ikatan antar atom yang seperti rantai ini (yang disebut struktur polimer) tidak selalu mencerminkan sifat ikatan kovalen karena, meskipun kuat, rantai juga fiexibel dan ikatan antar rantai yang berdekatan lemah.

c. Ikatan Logam

Dua pertiga dari unsur mempunyai kurang dari empat elektron pada kulit terluarnya. Meskipun jumlahnya memadai untuk mengimbangi muatan positif inti, bila dua jenis unsur ini membentuk ikatan, jumlah electron masih kurang untuk membentuk ikatan keseimbangan kimia dan tidak dapat membentuk ikatan ionik atau ikatan kovalen. Dalam keadaan padat, unsure logam membentuk jenis ikatan yang lain sekali, yang menjadi ciri khas logam. Elektron pada kulit terluar suatu logam bergerak sebagai awan melalui ruang antar inti yang bermuatan positif bersama kulit elektron lainnya.

Inti beserta kulit elektron di bagian dalam dianggap sebagai bola keras yang tersusun padat dengan pola teratur, membentuk apa yang disebut susunan kristal. Susunan ion positif terikat menjadi satu oleh awan elektron bermuatan negatif membentuk ikatan khas yang disebut ikatan logam. Oleh karena ion tidak memiliki kecenderungan khusus untuk menempati lokasi tertentu, ion dapat bergerak dalam kisi kristal tanpa mengganggu keteraturan pola. Selain itu, awan elektron dapat digerakkan ke arah tertentu oleh potensial listrik, dan menghasilkan arus listrik. Konduktivitas listrik merupakan karakteristik khas logam. Pada kristal dengan ikatan ion atau ikatan kovalen, elektron terikat dan tidak bebas bergerak. Hanya bila potensial cukup tinggi (potensial tembus), elektron dapat ditarik lepas.

d. Ikatan dan Pengaruh Gaya Luar

Di samping kemampuan gerak elektron pada ikatan logam, perbedaan besar lain antara ikatan logam dan ikatan lainnya terletak pada perilakunya bila dipengaruhi oleh gaya luar. Gaya kecil tak seberapa pengaruhnya terhadap ketiga

UNIVERSITAS MEDAN AREA

jenis ikatan tersebut. Regangan atau perpanjangan yang terjadi lenyap bila gaya

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

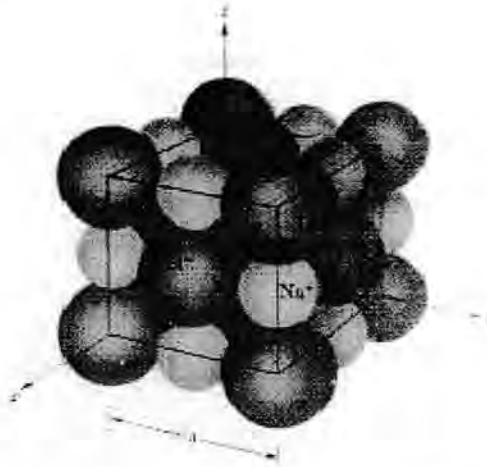
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

ditiadakan. Sifat ini disebut perpanjangan elastik atau kompresi elastik. Bila gaya cukup besar, pada ikatan logam dapat terjadi pergelinciran ion logam membentuk pola sejenis yang tetap bertahan meski gaya ditiadakan. Ini dimungkinkan karena semua ion memiliki sifat yang sama dan elektron tidak terikat pada atom tertentu. Sebaliknya, atom dengan ikatan ion menentang gerak luncuran tersebut karena antara ion dan elektron terdapat ikatan kuat. Oleh karena itu, bahan dengan ikatan ion cenderung rapuh. Karena adanya kemampuan inti untuk saling meluncur, kristal dengan ikatan logam dapat dibentuk secara mekanik dan ikatan antar atomnya tetap kuat. Sifat ini disebut keuletan (ductility) atau kenyal bentuk dan merupakan karakteristik keadaan logam.

Apapun bentuk ikatannya, bahan umumnya membentuk susunan tiga dimensi (atau struktur kristal) yang teratur dalam ruang. Ada empat belas jenis struktur, tetapi hanya empat yang biasanya ditemukan pada logam yang digunakan dalam penerapan keteknikan. Sel tunggal sederhana mewakili jumlah atom yang tak terhingga dalam susunan tiga dimensi kristal utuh.

Semua logam, sebagian besar keramik dan beberapa polimer membentuk kristal ketika bahan tersebut membeku. Dengan ini dimaksudkan bahwa atom-atom mengatur diri secara teratur dan berulang dalam pola 3 dimensi. Struktur semacam ini disebut kristal.



Gambar 2.15. Struktur Kristal

Pola teratur dalam jangkauan panjang yang menyangkut puluhan jarak atom dihasilkan oleh koordinasi atom dalam bahan. Disamping itu pola ini kadang-kadang menentukan pula bentuk luar dari kristal, contoh yang dapat dikemukakan adalah bentuk bintang enam bunga salju. Permukaan datar batu batuan mulia, kristal kwarsa (SiO_2) bahan garam meja biasa (NaCl) merupakan penampilan luar dari pengaturan di dalam kristal itu sendiri. Dalam setiap contoh yang dikemukakan tadi, pengaturan atom di dalam kristal tetap ada meskipun bentuk permukaan luarnya diubah. Struktur dalam kristal kwarsa tidak berubah meskipun permukaan luar tergesek sehingga membentuk butiran pasir pantai yang bulat-bulat. Hal yang sama kita jumpai pada pengaturan heksagonal molekul air dalam es atau bunga salju.

Tata jangkauan panjang yang merupakan karakteristik kristal dapat dilihat pada Gambar 2.15 Model ini memperlihatkan beberapa pola atom kisi yang dapat terjadi bila terdapat satu jenis atom. Karena pola atom ini berulang secara tak

terhingga, untuk mudahnya kisi kristal ini dibagi dalam sel satuan. Sel satuan ini

yang mempunyai volume terbatas, masing-masing memiliki ciri yang sama,

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

dengan kristal secara keseluruhan. Jarak yang selalu terulang, yang disebut konstanta kisi, dalam pola jangkauan panjang kristal. menentukan ukuran sel satuan. jadi dimensi yang berulang atau a , (lihat Gambar 2.15) juga merupakan dimensi sisi sel satuan. Karena pola kristal Gambar 2.18 identik dalam ketiga arah tegak lurus, sel satuan ini berbentuk kubik dan a adalah konstanta kisi dalam ketiga arah koordinat. Dalam kristal bukan kubik, konstanta kisi berbeda dalam ketiga arah koordinat.



Gambar 2.16. Sel satuan



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan setelah tanggal pengesahan usulan oleh kepala program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama \pm 2 bulan. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di Program Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area dan jadwal penelitian data dilihat pada tabel 3.1 berikut ini:

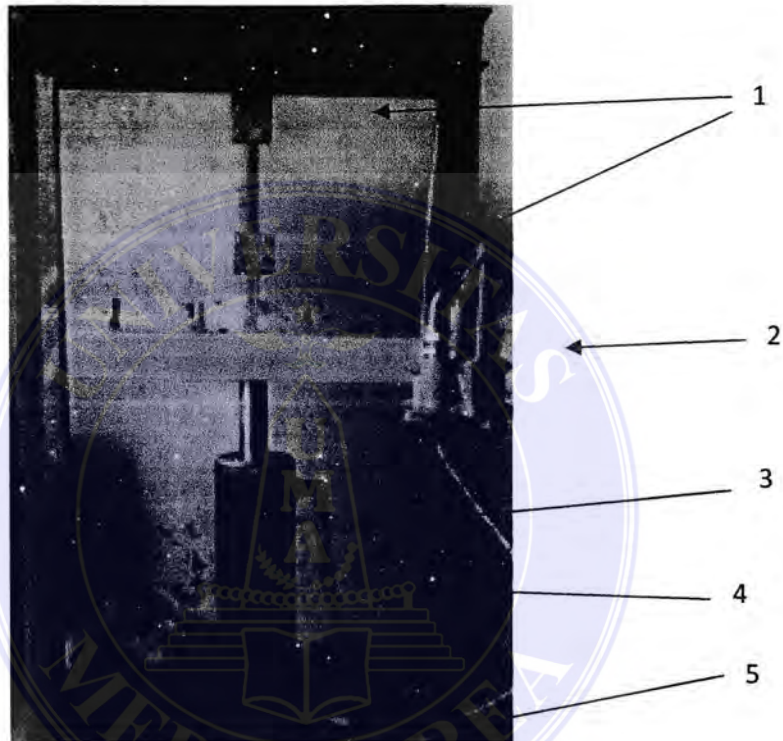
No	URAIAN	Minggu 1	Minggu 3	Minggu 5	Minggu 7	Minggu 8
1	Pembuatan proposal	■				
2	Seminar proposal		■			
3	Pembuatan Spesimen		■			
4	Pengujian specimen			■		
5	Analisa Data			■		
6	Penulisan skripsi				■	
7	Seminar hasil skripsi				■	
8	Perbaikan					■
9	Sidang					■

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian terdiri dari peralatan kunci ring, tang jepit, kunci sock, kamera digital.

Dan Unit alat uji tarik.



Gambar 2.1. Alat uji tarik

Keterangan:

- 1: Penjepit material uji(untuk menjepit bahan uji)
- 2: Kontrol Valve(untuk mengatur aliran fluida masuk dan keluar)
- 3: Selang Insuch(untuk saluran masuk oli)
- 4: Jack Hidrolik(Tabung konversi tekanan)
- 5: Selang outsuch(untuk saluran keluar oli)



Gambar 2.2. Gauge meter (alat ukur tekanan)

3.2.1 Bahan Penelitian

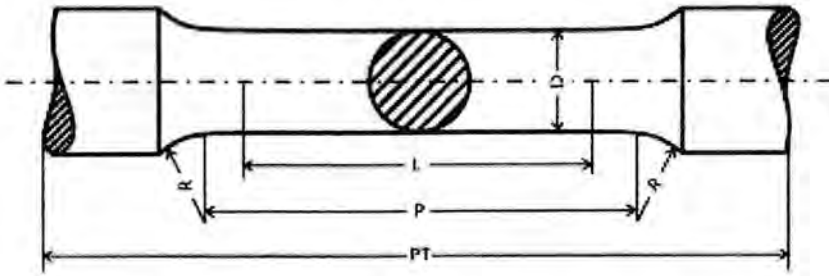
Logam jenis kuningan yang terdapat dipasaran



Gambar 3.3. Benda uji saat pengujian

3.3 Penyiapan Spesimen Uji

Spesimen uji dibuat di mesin bubut



Gambar 3.4. Dimensi specimen

Keterangan :

P = beban yang diberikan (kg)

L_0 = panjang awal benda uji (mm)

A_0 = luas penampang awal benda uji (mm)

D_0 = diameter awal benda uji (mm)

L_1 = panjang akhir benda uji (mm)

A_1 = luas akhir benda uji (mm)

D_1 = diameter akhir benda (mm)

Uji tarik merupakan salah satu pengujian yang dilakukan pada material untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanik material terutama kekuatan dan ketahanan terhadap beban tarik. Dari pengujian ini, maka kita dapat menentukan apakah material seperti ini sesuai dengan kebutuhan penggunaan dimana yang sering dialami oleh material tersebut beban tarik .

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Standar pengujian yang digunakan dalam pengujian tarik :

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

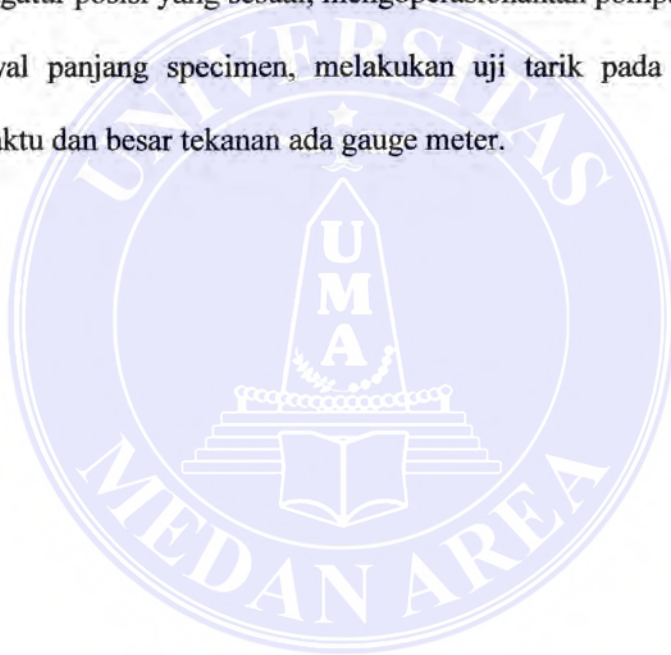
Document Accepted 20/9/23

- ASTM E8 : Untuk logam kuningan
- ASTM D-68 : Untuk polimer dan plastik
- JIS dan DIN

3.4 Prosedur Pengujian

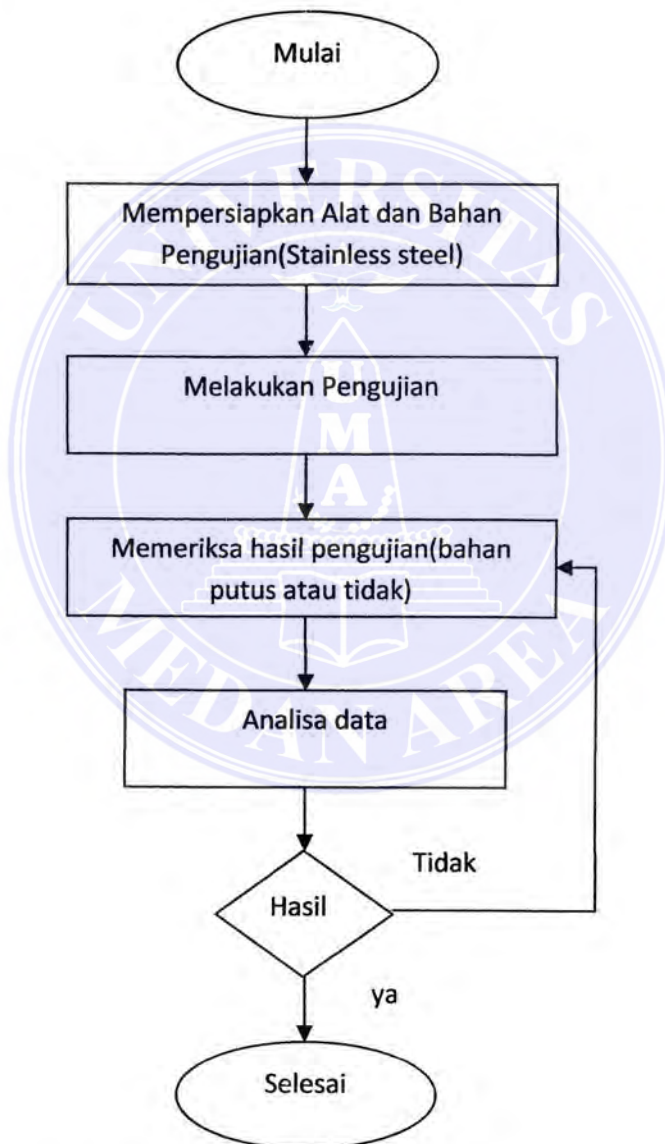
Set-up pengujian:

Pelaksanaan pengujian dilaksanakan dengan mengaitkan benda uji pada pengait dengan mengatur posisi yang sesuai, mengoperasikan pompa hidrolis, mencatat posisi awal panjang specimen, melakukan uji tarik pada spesimen dengan mencatat waktu dan besar tekanan ada gauge meter.



3.5 Diagram Penelitian

Pengujian alat dilaksanakan pada waktu dan tempat di Laboraturium Teknik Universitas Medan Area dengan menggunakan alat uji tarik yang dibuat pada penulis dengan menggunakan benda uji stainless steel. Pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alur berikut ini:



Gambar 3.6. Diagram alur penelitian



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Tegangan tarik yang diperoleh menggunakan alat uji tarik standard diperoleh (τ_{\max}) $97,5 \times 10^4$ Kg.f/m² dan persentase Poison Rasio, adalah 23,7 selanjutnya tegangan tarik yang diperoleh menggunakan alat uji tarik rakitan diperoleh (τ_{\max}) $26,18 \times 10^4$ Kg.f/m² dan persentase Poison Rasio, adalah 16,78.

Hasil tegangan tarik yang dihasilkan dari masing-masing peralatan ada perbedaan, hal ini karena spesifikasi peralatan yang berbeda.

5.2 Saran

Berikut saran-saran yang penulis dapat berikan demi terciptanya tujuann dari Penggunaan alat uji tarik rakitan, yaitu.

1. Dengan adanya alat uji tarik maka akan lebih mudah untuk menguji alat suatu benda.
2. Pemakaian alat uji tarik sebagai alat bantu penggunaan uji suatu benda keras tidaknya suatu benda yang diuji.

DAFTAR PUSTAKA

Ashby, Engineering Materials 1, Butterworth Heinemann.

ASM team, 2000, "ASM Metal Handbook Volume 8 Mechanical testing and Evaluation", American Society for Metals, Formerly Ninth Edition, The United States of America.

ASM team, 1992, "ASM Metal Handbook Volume 2 Properties and Selection: nonferrous alloys and special-purpose materials", American Society for Metals, Formerly Ninth Edition, The United States of America.

ASM team, 2004, "ASM Metal Handbook Volume 9 Metallographic and Microstructures 2004", American Society for Metals, Formerly Ninth Edition, The United States of America.

Benner, B.J.M.1985. Ilmu pengetahuan bahan, Jakarta: Bhatara Karya Aksara.

Callister, William D., (1994), Material Science and Engineering and Introduction, Third Edition, New York: Jhon Whilley and Sons.

Froyen, L., Virlinden, B., (1994), Aluminium Matrix Composites Materials, Belgium: University of Leuven.

Hasyim, J., The Production of Cast Metal Matrix Composite By a Modified Stir Casting Method, Jurnal Teknologi, 35(A) Dis.2001: Universiti TeknologiMalaysia.

Heinz Tschachtsch. 2005. Metal Forming Practise, Sringer.

<http://wikipedia/> 2015.

<http://www.suprametalcraft.com/c5-Bahan-Baku-Finishing-Proses-Cara-Produksi.html>

James K. Wessel, 2004, "Handbook of Advanced Materials", John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

MadeHow, *How Brass Is Made* , 2009 . <http://www.madehow.com/Volume-6/Brass.html>. Suprametalcraft, *Proses Pembuatan Kerajinan Kuningan*, 2010.

Ny. Sriati Djaprie. 1983. Ilmu dan Teknologi Bahan, Erlangga Jakarta.

Wikipedia , *Brass*, 2009. <http://en.wikipedia.org/wiki/Brass>.

Wikipedia , *Kuningan*, 2010. [http://id.wikipedia.org/wiki/Kuningan_\(logam\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Kuningan_(logam)).

