

---

## EKSISTENSI ILMU METALURGI DALAM PERSPEKTIF ISLAM

---

Tech Agus Pramono<sup>1</sup>

Rois Syuriah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar (Dosen) Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon – Banten

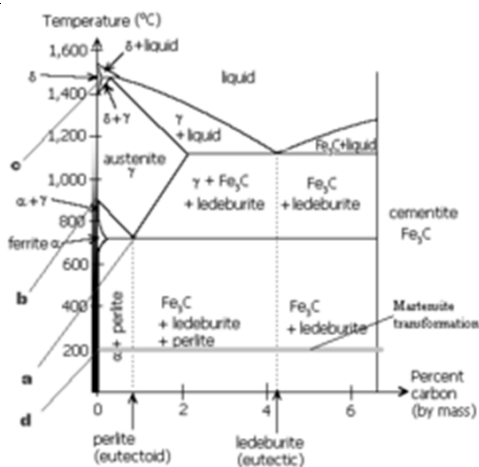
<sup>2</sup>Rois Syuriah (Ketua Dewan Pembina) Pengurus Cabang Istimewa Nahdlatul Ulama Federasi Rusia dan Negara-Negara Eropa Utara (PCI NU FREU)

### PENDAHULUAN

Ilmu metalurgi dan material adalah ilmu yang mempelajari suatu teknik pengolahan logam, dimana mencakup *characteristic* (karakter), *metallic properties* (sifat logam), dan *metallic behavior* (perilaku logam) [1]. Ilmu metalurgi sendiri berkembang menjadi cabang ilmu material, manufaktur maupun ekstraksi setelah perkembangan industri yang sangat pesat. Dasar-dasar ilmu metalurgi sendiri jika mengacu pada kaidah referensi seperti “Introduction Physical Metallurgy” oleh **Avner H. Sidney**, “Manufacturing Process” oleh **Paul de Garmo** dan juga **Lawrence Van Vlack** “Ilmu dan Teknologi Bahan” [2-4], semua produk referensi menjadi rujukan ilmu metalurgi diseluruh dunia. Namun sumber dari ilmu metalurgi sendiri digali beberapa ilmuwan seperti: **Dimitry Mendeleev** ilmuwan Rusia (1834) dan beberapa muridnya; **Aleksandrovich Chugaev**, **Adolf Eugen Fick** dan **Svante August Arrhenius**. Penelusuran ilmu metalurgi diawali pada abad 18, ketika Dimitry memulai menggali tiga elemen baru yang sejauh itu tidak diketahui oleh ahli ilmu bahan, ketiganya disebut eka-boron, eka-aluminium, dan eka-silicon; dan ramalannya benar-benar terwujud dalam lima belas tahun oleh penemuan galium pada tahun 1871, skandium pada tahun 1879, serta germanium pada tahun 1886. Dalam beberapa kasus Dimitry memberanikan diri untuk memper-tanyakan kebenaran “bobot atom yang diterima”, dengan alasan bahwa mereka tidak sesuai dengan Hukum Berkala, dan di sini juga dia melakukan penyelidikan lanjut, dari sini

beberapa muridnya mengembangkan teori yang disebut dengan “teori difusi” untuk menggabungkan reaksi logam dengan paduannya, yaitu **Aleksandrovich Chugaev**, **Adolf Eugen Fick** dan **Svante August Arrhenius** [5]. Disisi lain **Nikolay Lomonosov** yang juga murid dari **Dimitry Mendeleev** dari Generasi terakhir berhasil mengembangkan alat untuk pengerjaan logam, alat dengan mesin konvensional yang dikenal dengan alat tempa (*forging*) untuk mengolah logam dan paduannya. Dari Aspek Bahan Dimitry mengeksplorasi bahan sedang Lomonosov mengolah bahan menjadi bentuk benda yang memiliki fungsi aplikasi [6]. Keilmuan metalurgi dari perspektif literatur dikenal sejak abad 18 pada era revolusi industri yang dimulai oleh ilmuwan Rusia **Dimitry Mendeleev** [5] dan tersebar sampai ke Eropa dan Inggris. Abad 19 digali oleh ilmuwan-ilmuwan seperti; **Avner H. Sidney**, **Paul de Garmo**, **Lawrence Van Vlack** dan juga **Williams D. Callister** pada tahun 2000 [1-4]. Beberapa dekade berikutnya ilmuwan Rusia **Dimitry Chernov** mengembangkan teori Alotropi untuk baja, hal ini dijelaskan dalam diagram fase besi-karbon dengan nama titik Chernov a, b, c, d yang ditunjukkan pada gambar 1. Chernov memperoleh hasil utamanya pada tahun 1866-1868 setelah mempelajari penolakan produksi senjata berat serta kajian analisis karya-karyanya yang didanai oleh Kekaisaran Rusia. Menurut analisisnya bahwa baja memiliki struktur yang berbeda pada titik-titik suhu tertentu disertai transformasi polimorfik pada suhu yang berbeda. Dia memperkenalkan

berbagai poin yang dikenal sebagai poin Chernov. Titik di sekitar  $700^{\circ}\text{C}$  adalah suhu minimum yang harus dipanaskan agar bisa dipadamkan. Dengan teori modern tersebut suhu transformasi austenite eutektoid (pada gambar sebelah kanan). Titik b sekitar  $900^{\circ}\text{C}$  adalah suhu baja yang harus dipanaskan sehingga memperbaiki struktur kristalnya. Secara proses suhu maksimal saat ferit stabil. Titik c sesuai dengan titik leleh baja. Titik d sekitar  $200^{\circ}\text{C}$  adalah suhu yang dibutuhkan untuk mendinginkan baja untuk memadamkannya. Dalam teori modern ini dikenal sebagai transformasi fasa martensit [7].



**Gambar 1.** Diagram fasa Besi-karbon dengan titik Chernov pada titik a, b, c, d

Chernov mampu mengidentifikasi dengan tepat alasan titik-titik ini sebagai transformasi polimorfik di baja dan bahkan menggambar sketsa pertama dari diagram fasa untuk sistem besi-karbon. Chernov mempublikasikan hasil dalam catatan dari *Rusia Teknis Society of 1868*. Peralnya bernama "review Kritis" Artikel juga bekerja sama dengan Mr Lavrov dan Mr Kalkutzky tentang baja dan senjata baja. Banyak penulis menganggap penerbitan artikel ini sebagai tanda transformasi ilmu metalurgi dari sebuah seni menjadi sains. Sepuluh tahun kemudian pada tahun 1879 Chernov menerbitkan sebuah monograf bernama *research* ke dalam struktur lempeng baja di mana ia menggambarkan struktur kristal

utama pada baja dan pengaruhnya terhadap sifat lempengan. Salah satu jenis kristal baja (dendrit) dinamai menurut Chernov. Chernov berkontribusi pada teori proses *Siemens-Martin* dalam pengecoran Baja. Dia adalah salah satu yang pertama menyarankan penggunaan oksigen murni dalam pembuatan baja. Dia juga melakukan penelitian tentang penggunaan besi reduksi langsung dan juga berkontribusi pada pengembangan barel senapan baja, kerang yang menindik armor dan penerbangan yang muncul. Chernov merupakan salah satu pemimpin manufaktur baja yang diakui pada saat itu. Dia adalah Ketua Masyarakat Metalurgi Rusia, wakil presiden Institut Inggris untuk Besi dan Baja, anggota kehormatan dari American Society of Mining Engineers Peradapan Metalurgi Besi Baja Eropa dan Rusia merupakan hasil dari karyanya [7-8].

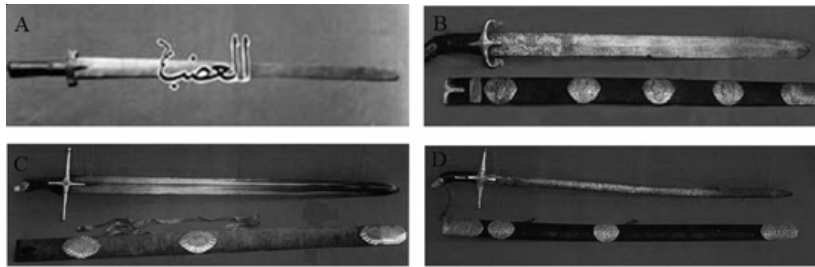
### Metodologi Keilmuan Metalurgi dalam Perspektif Islam

Menilik fakta sejarah keilmuan metalurgi secara praktis, sudah di eksplorasi sejak zaman **peradapan Islam** dari generasi **majelis ilmu Rasulullah**. Secara praktis hal ini telah dieksplorasi oleh generasi sahabat terbaik dari Majelis Ilmu Rasulullah. Pendalaman keilmuan metalurgi mengacu pada Al Quranul Kharim yang mana terdapat dalam deskripsi terkait ilmu metalurgi, diantaranya adalah Q.S Al Hadied 25:

"Sesungguhnya Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. **Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia,** (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasulNya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa".

Jika mengacu **Tafsir Kitab Jalalyn** maka bisa di jelaskan bahwa makna kalimat sesungguhnya Kami telah mengutus rasul-rasul Kami) yaitu malaikat-malaikat-Nya kepada nabi-nabi (dengan membawa bukti-bukti yang nyata) hujah-hujah yang jelas dan akurat (dan telah Kami turunkan bersama mereka Alkitab) lafal Alkitab ini sekalipun bentuknya mufrad tetapi makna yang dimaksud adalah jamak, yakni al-kutub (dan neraca) yakni keadilan (supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. Dan Kami ciptakan besi) maksudnya Kami keluarkan besi dari tempat-tempat penambangannya (yang padanya terdapat kekuatan yang hebat) yakni dapat dipakai sebagai alat untuk berperang (dan berbagai manfaat bagi manusia, dan supaya Allah mengetahui) supaya Allah menampilkan; lafal waliya' lamallaahu diathafkan pada lafal liyaqumannaasu (siapa yang menolong-Nya) maksudnya siapakah yang menolong agama-Nya dengan memakai alat-alat perang yang terbuat dari besi dan lain-lainnya itu (dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya) lafal bil-ghaibi menjadi hal atau kata keterangan keadaan dari dhamir ha yang terdapat pada lafal yanshuruha. Yakni sekalipun Allah tidak terlihat oleh mereka di dunia ini. Ibnu Abbas r.a. memberikan penakwilannya, mereka menolong agama-Nya padahal mereka tidak melihat-Nya. (Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa) artinya Dia tidak memerlukan pertolongan siapa pun, akan tetapi perbuatan itu man-faatnya akan dirasakan sendiri oleh orang yang mengerjakannya. Jika ditelusuk fakta sejarah hampir semua teknologi dikembangkan awalnya untuk membangun perangkat kemiliteran. Generasi terbaik sahabat dari Majelis Ilmu yang mengembangkan ilmu metalurgi adalah: **Khabab bin Art** sebagai praktisi dan **Salman al Farishi** sebagai konseptor, alat perang pertama yang dibuat adalah senjata pedang, Khabab melakukan eksperimen pembuatan senjata untuk ke-perluan perang. Beberapa senjata pedang yang dibuat adalah: Pedang Al-'Adb berarti "memotong" atau "tajam." Pedang ini dikirim ke para sahabat

Nabi Muhammad SAW sesaat sebelum Perang Badar. Dia menggunakan pedang ini di Perang Uhud dan pengikut-pengikutnya menggunakan pedang ini untuk menunjukkan kesetiaan kepada Nabi Muhammad SAW. Sekarang pedang ini berada di masjid Husain di Kairo Mesir. Eksperimen berikutnya adalah pedang Al Rasub. Ada yang mengatakan bahwa pedang ini dijaga di rumah Nabi Muhammad SAW oleh keluarga dan sanak saudaranya, sekarang pedang ini berada di Museum Topkapi, Istanbul. Berbentuk blade dengan panjang 140 cm, mempunyai bulatan emas yang didalamnya terdapat ukiran tulisan Arab yang berbunyi: 'Ja'far al-Sadiq'. Pembuatan pedang terus berlanjut, pedang berikutnya bernama "Al Qal'a" atau "Qul'ay." berhubungan dengan tempat di Syria atau tempat di dekat India Cina "qal'i" merujuk kepada "timah" atau "timah putih" yang di tambang berbagai lokasi. Pedang ini adalah salah satu dari tiga pedang Nabi Muhammad SAW yang diperoleh sebagai rampasan dari Bani Qaynaqa namun sudah disempurnakan oleh Khabab dan Salman secara proses. Ada juga yang melaporkan bahwa kakek Nabi Muhammad menemukan pedang ini ketika dia menemukan air Zamzam di Mekah. Berbentuk blade dengan panjang 100 cm. Di dalamnya terdapat ukiran bahasa Arab berbunyi: "Ini adalah pedang mulia dari rumah Nabi Muhammad SAW, Rasul Allah." pedang ini mempunyai desain yang berbentuk gelombang. Pedang berikutnya adalah Al-Qadib berbentuk blade, mirip dengan tongkat. Ini adalah pedang untuk pertahanan ketika bepergian, tetapi tidak digunakan untuk peperangan. Ditulis di samping pedang berupa ukiran perak yang berbunyi syahadat: "Tidak ada Tuhan selain Allah, Muhammad Rasul Allah – Muhammad bin Abdallah bin Abd al-Mutalib." Tidak ada indikasi dalam sumber sejarah bahwa pedang ini telah digunakan dalam peperangan. Pedang ini berada di rumah Nabi Muhammad SAW, memiliki dimensi panjang 100 cm dan memiliki sarung berupa kulit hewan yang dilap. Bentuk pedang tersaji pada gambar 2 [9-11].



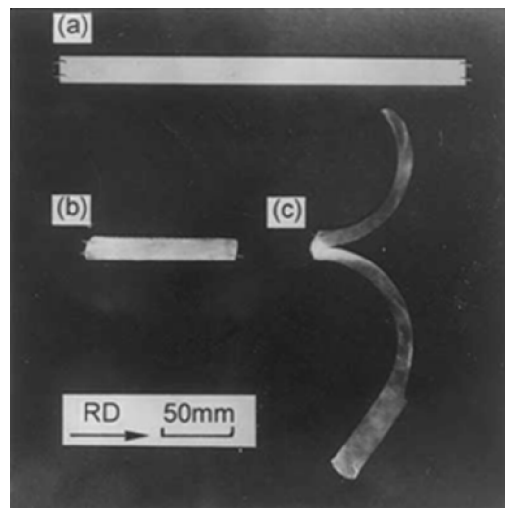
**Gambar 2.** Pedang Zaman Majelis Ilmu sebagai karya ilmu metalurgi A) Pedang Al-'Adb B) Pedang Al Rasub C) Pedang Qal'a D) Pedang Al-Qadib.

Eksperimen terakhir khabab dan Salman adalah pedang Zulfikar yang merupakan pencapaian tahapan proses pembuatan secara canai (*rolling*). Pedang bermata dua dalam perspektif hukum keseimbangan merupakan pergeseran ujung plat logam akibat tidak dikenai clip (penjepit) di kedua sisi ujungnya, secara mikrostruktur bengkokan plat merupakan akibat dari pemipihan struktur fasa dalam logam pada saat plat terkena beban rolling, jika plat dikenai beban tempa maka plat akan berbentuk lurus dan cenderung terjadi pemutusan struktur fasa, pengembangan metode ini dalam teori manufaktur dikenal dengan ARB (*Accumulative Roll Bonding*) yang diprakarsai ilmuwan Jepang; Y. Saito dan Nobuhiro Tsuji pada tahun 1998, metodologi prosesnya merupakan tumpukan plat yang dikenai beban rolling sehingga menghasilkan sifat material yang lentur, fenomena ini merupakan proses pembuatan dari pedang Zulfikar milik **Sayidina Ali** [12-13], disajikan pada gambar 3. Dalam teori metalurgi mekanik jika dua plat ditumpuk dan dikenai beban *bottom-up* maka akan terjadi pergeseran arah, sehingga jika ditilik dari pembebanan gaya, plat tersebut akan bergeser berlawanan arah. Dalam eksperimen yang dilakukan oleh Nubohiro Tsuji dan muridnya Sakai Saito pada tahun 1990-an hal ini telah disempurnakan dengan penjepitan pada plat dengan klip tembaga, seperti terlihat pada gambar 4. Kesamaan model pedang Zulfikar dengan tumpukan plat oleh proses ARB adalah dua hal yang sama namun berbeda bahan dengan

konfigurasi model pembebanan yang serupa [14].



**Gambar 3.** Pedang Zulfikar milik Sayidina Ali yang merupakan karya Khabab bin Art yang diinisiasi oleh Salman al Farishi.



**Gambar 4.** Model pembebanan rolling plat strip Aluminium seri 5XXX menggunakan klip tembaga diproses awal dengan teknologi ARB (a) pembebanan awal (B) Pembebanan terdistribusi merata (c) Pembebanan tidak terdistribusi merata.

Selain karya pedang Khabab dan Salman juga membuat alat pelempar batu

api yang disebut sebagai manjanik. Hal ini membuktikan bahwa **Khabab** dan **Salman** sebagai ilmuwan muslim yang mengembangkan ilmu metalurgi (Abad 6-7) jauh sebelum Rusia dan Eropa mengembangkan ilmu metalurgi pada abad 17-18. Miniatur Alat manjanik terdapat di museum militer Ivangorod Rusia, disitu tertulis bahwa Manjanik atau *swing beam* diinisiasi oleh Ilmuwan Italia Leonardo Davinci pada abad 14, padahal pada Abad 7 Khabab dan Salman sudah membuat produk pelempar bola api tersebut, terlihat pada gambar 5. Kecemerlangan **Khabab bin Art** mencapai puncaknya pada era **Khalifah Sayidina Ali bin Abi Thalib**, ilmu metalurgi **Khabab** diwariskan

kepada cicit **Khalifah Umar bin Khatab** yaitu **Salim Abdullah bin Umar**, oleh Syalim yang juga ulama fiqih ilmu tersebut diwariskan kepada **Jakfar Shadiq** yang juga merupakan cicit **Khalifah Ali**. Pada saat itu belum ada penulisan kitab namun setelah era **Khalifah Harun al Rasyid** membangun baitul hikmah dan melakukan pendanaan besar-besaran terkait ilmu pengetahuan barulah murid dari generasi **Jakfar Shadiq** yaitu **Jabar Ibn Hayan** menuliskan dalam kitab *Al Sab'een*. **Jabar Ibnu Hayan** memiliki beberapa murid yang berhasil menggali keilmuan metalurgi, melalui **Al Qalqashandi** dalam kitab *Subh Al-Asha*, yang menginisiasi lahirnya teknologi nano-metalurgi.



A

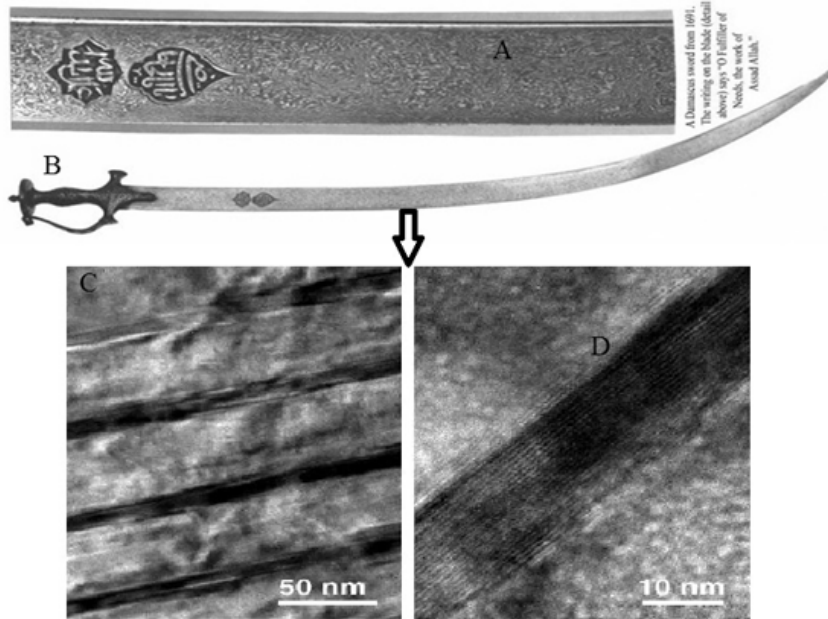


B

**Gambar 5.** Alat pelempar bola api (A) Manjanik (B) Miniatur *Swing – Beam*

Jika ditelusuri secara proses maka kaidah ilmu metalurgi dalam bidang teknologi nano adalah penyempurnaan pembuatan pedang Damaskus Sword (DS) milik Khalifah **Salahudin al Ayubi** yang merupakan hasil penyempurnaan pedang Zulfikar. Dari konfigurasi bentuk pedang DS merupakan tumpukan plat yang dikenai klip dan terjadi pembelokan plat yang searah sehingga pedang DS tidak bermata dua. Hal ini telah

diverifikasi oleh **Prof. Peter Paufler** dari Dresden University of Technology, kajian riset propertis kelenturan pedang **Khalifah Salahudin al Ayubi** ternyata dipengaruhi oleh carbon nano tube (CNT) yang saat ini sedang dikembangkan oleh ilmuwan metalurgi & material diseluruh dunia [15]. Metodologi pembuatan pedang **Salahudin al Ayubi** sendiri terdapat pada kitab *Subh Al-Asha* karya **Shihab al-Din al-Qalqashandi**.



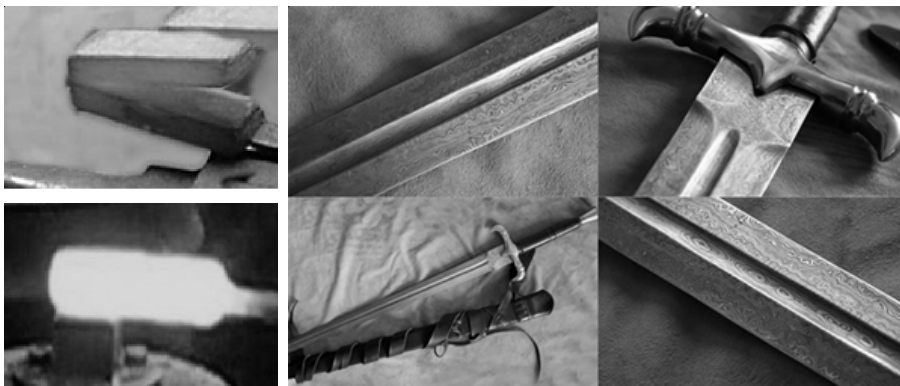
**Gambar 6.** CNT yang terdapat pada pedang Khalifah Salahudin al Ayubi (A) Sarung Pedang (B) Pedang Damaskus (C) Deteksi kawat nano di baja Damaskus. Garis-garis gelap menunjukkan kawat nano beberapa ratus nanometer panjangnya. Pencitraan dilakukan Menggunakan mode transmisi mode resolusi tinggi jenis mikroskop TEM Philips CM200 FEG pada voltase akselerasi 200 kV. Gambar (D). Bagian pinggiran sepanjang kawat dan yang condong ke dalamnya, sesuai dengan bidang kisi pada garis yang membuktikan pola CNT

Jika ditinjau dari aspek kaidah *metal forming* (teknik pembentukan logam) pada gambar 6.A terdapat sarung pedang terdapat kaligrafi pada sisi atas, sarung pedang yang terbuat dari tembaga dibuat dengan teknologi stamping (cetak-tekan) hal ini membutuhkan temperatur operasional mencapai temperatur rekristalisasi bahan. Jika tidak mencapai temperature rekristalisasi maka tidak akan terbentuk tulisan kaligrafi. Meskipun secara teks literatur belum ditemukan teknik stamping, namun dari sisi aplikasi hal ini jelas bahwa teknologi stamping sudah ada (dilakukan eksperimen) pada masa Khalifah Salahuddin al Ayubi. Hal ini jika dikaji secara nasab keilmuan, murid Al Qashandi yaitu Ibnu Ishaq al-Kindi yang melanjutkan keilmuan metalurgi. Salah satu Kitabnya adalah "**Al-Jamahir fi ma`rifat al-jawahir**" kitab ini membahas proses karbonisasi besi tempa

dan pembuatan baja dari besi tuang yang dikembangkan juga oleh tokoh metalurgi Rusia Dimitry Chernov. Dalam Bab pembuatan pedang ada sebuah metodologi proses yang menjelaskan pembentukan logam yang didalamnya terdapat struktur nano. Menurut Al-Kindi, firind dapat ditemukan dalam semua jenis besi buatan. Sedangkan, pedang yang terbuat dari besi alami tak memiliki pola hias atau firind. Namun dalam kitab tersebut belum menjelaskan material yang digunakan secara spesifik. Murid terbaik Ibnu Ishaq al Kindi yaitu Reyhan al-Biruni dalam kitabnya Al-jamahir yang merupakan kitab lanjutan gurunya (Al Kindi) menjelaskan detail latar belakang dibalik pembuatan pola hias pada pedang. Potongan baja, ditumpuk satu di atas yang lain, terikat bersama oleh kawat logam, dan menempa serta disambung serta dimanipulasi untuk

menciptakan pola, maka istilah “pola las”. Sebagai salah satu mempersiapkan untuk menempa pisau, pola warna dibuat oleh konten metalurgi yang berbeda yang terkandung dalam paduan tumpukan. Mangan akan menghasilkan warna gelap/hitam; Nikel akan menghasilkan warna perak cerah, Chromium akan menghasilkan warna abu-abu terang dan High Carbon akan menghasilkan warna abu-abu gelap. Terdapat kandungan karbon menengah (*Medium Carbon Steel*), Baja dengan titik leleh tertinggi akan ditempatkan dekat dengan dinding luar tumpukan (yang akan menyebabkan panas lebih cepat), titik leleh terendah harus lebih dekat ke pusat tumpukan. Ketika tumpukan berwarna merah, maka logam siap untuk dilakukan sambungan dengan pembebanan gaya atau biasa disebut pengelasan. Penge-luaran tumpukan dan palu itu sampai setengah ketebalan aslinya, pisau terlalu panas dan akan retak selama proses pengerasan. Pemataman pisau disertai quenching yang

akan menyebabkan struktur molekul logam mengkristal dan mengeras. Dijelaskan dalam gambar 7. Seperti halnya Salman Al Farishi sebagai konseptor dan Khabab Bin Art sebagai Praktisi, Ilmuwan Amerika pun melakukan hal yang sama, yaitu **John D. Verhoeven** sebagai konseptor dan **Alfred H Pendray** sebagai praktisi dari Florida membuat pedang selama bertahun-tahun dengan menerapkan bahan impurities dalam adonan baja dengan pola spt aliran air, dengan teknologi multi walled carbon nano tube. Mekanisme yang dilakukan secara metodologi persis seperti yang dilakukan oleh Al Kindi dan Al Biruni sebagai penemu pola Firind dalam pedang Damaskus. Melalui karya ilmiahnya yang dipublish di Jurnal Internasional “Scientific American (SA) ; the best sword of all – Prof. John D Verhoeven, Iowa States University. SA Vol.284, Jan 2001” Verhoeven dan Pendray menjelaskan tahapan pembuatan pedang Damaskus.



**Gambar 7.** Proses pembuatan dan hasil pedang Damaskus yang terdapat nano teknologi dalam pola hias yang dalam metodologi disebut sebagai pola Firind.

Baja pada umumnya mempunyai fasa dominan yang disebut ferit yang sifatnya lunak. Namun pada baja pedang damaskus, terdapat struktur (fasa) carbon nanotubes yang sangat kuat. Stuktur carbon nanotube tadi terdistribusi tertentu di dalam ferit, sedemikian hingga menghasilkan kombinasi sifat akhir yang sangat luar biasa. Baja Damaskus adalah material legendaris dari

baja yang mempunyai sifat superplastis (kemampuan untuk mengalami deformasi tetap tanpa retak hingga 1000%. Selain memiliki sifat superplastis baja Damaskus juga mempunyai ciri khas yaitu adanya pola air (watermarking) pada permukaannya. Hal ini memperkuat hipotesa ilmuwan Superplastis Terence Langdon (Inggris) dan Ilmuwan Metalurgi Manufaktur Ruslan Z. Valiev

(Rusia) yang dalam introduction jurnal yang dipublish di Elsevier, menyatakan bahwa teknologi metalurgi pengolahan logam pertama ada di masyarakat Damaskus, kemudian berkembang ke India dan China [16].

## PENUTUP

Referensi-referensi buku metalurgi karya; **Avner H. Sidney, Paul de Garmo, Lawrence Van Vlack, George E Dieter** dan **William D Callister** hanya terbatas pada cakupan metodologi dan proses, jika dirunut dari sisi keilmuan ada ketelusuran yang terputus dari **Dimitry Mendeleev** sebagai ilmuwan pengembang dasar-dasar metalurgi. Tinjauan ilmu metalurgi harus dikaji secara utuh, karena tinjauan keilmuan berdasarkan kajian ilmiah harus mengacu pada runutan proses baik dari sumber sejarah maupun tinjauan inovasi. Teori-teori metalurgi yang selama ini dikenal dalam berbagai referensi seperti; pengetahuan diagram fasa, temperatur rekristalisasi bahkan konsep perangkat alat tempa sudah dieksplorasi oleh ilmuwan-ilmuwan muslim dari era generasi **majelis ilmu Rasulullah** hingga generasi **Khalafaur Rasyidin** sampai pada era **Khalifah Harun al Rasyid**, terhentinya keilmuan terutama bidang metalurgi dikarenakan pendudukan tentara tatar pada generasi bani Abbasiyah di Baghdad, Tartar di bawah pimpinan **Hulagu Khan** sampai ke Baghdad dan menghancurkan pemerintahan Bani Abbasiyah dibawah pimpinan **khalifah Al-Musta'shim billah**, kedatangan mereka disambut tentara Khalifah Al-Musta'shim. Namun karena semangat dan jumlah tentara yang tidak seimbang, dalam waktu singkat tentara khalifah disapu bersih oleh pasukan Tartar. 10 Muharram 656 H, pasukan Tartar memasuki Baghdad tanpa mendapatkan perlawanan sedikit pun. Sebagian besar tentara khalifah terbunuh, begitu juga dengan keluarganya. Selama empat puluh hari, korban yang jatuh dalam peperangan lebih dari satu juta penduduk. Konon selama empat puluh hari itu juga api tak pernah padam di Baghdad dan pembakaran tersebut banyak dilaku-

kan pembakaran kitab-kitab penting dan beberapa kitab sains di ambil untuk dibawa ke pemerintahan tatar, dan pada era pertengahan Tatar menjadi wilayah kekuasaan Rusia, hal inilah yang mengindikasikan bahwa banyak ilmuwan Rusia mengembangkan sains yang dimungkinkan mempelajari kitab/buku referensi dari ilmuwan muslim, salah satu buktinya adalah kitab asli "**Fi-hisab al mukhabala**" (Kitab dasar-dasar matematika sains dan di bab terakhir membahas tentang difusi) karya **Musya al Khawarijmi** yang merupakan murid terbaik Jabar ibn Hayan yang tersimpan di perpustakaan Saint-Petersburg Rusia. Dengan terungkapnya fakta sejarah secara ilmiah, diharapkan para metallurgist (Pelajar ataupun Ilmuwan yang berkecimpung di Dunia Metalurgi) kembali melakukan pembelajaran berdasarkan sanad keilmuan metalurgi berdasarkan tuntunan dan standart pembelajaran ilmu metalurgi mengikuti pola majelis ilmu sampai majelis baitul hikmah. Sehingga akan dihasilkan inovasi maupun ide-ide revolusioner untuk mengembangkan ilmu metalurgi secara praktis.

## REFERENSI

1. William D. Callister.2003." Materials Science and Engineering An Introduction, 7th Edition (New York: John Wiley & Sons, 2007).
2. Sidney H. Avner, Introduction to physical metallurgy McGraw-Hill, 1974, Universitas Michigan, Digital books since 15 Des 2007.
3. E. Paul Degarmo, J. T. Black, Ronald A. Kohser, J. Temple Black , Materials and Processes in Manufacturing, 8th Edition. Prentice Hall College 1997.
4. Ilmu dan teknologi bahan Lawrence H. Van Vlack ; alih bahasa Sriati Djaprie Penerbit Erlangga Jakarta: 1989.
5. Russian chemist Dmitri Mendeleev discovered the periodic law and created the periodic table of elements, Dmitri Mendeleev Biography. [www.famous-scientists.org/dmitri-mendeleev/](http://www.famous-scientists.org/dmitri-mendeleev/)



6. Galina Evgen'evna Pavlova; Aleksandr Sergeevich Fedorov (1980). Lomonosov life and work. Mir. p. 161.
7.  $\text{Á}\epsilon\text{í}\alpha\delta\alpha\delta\epsilon\text{y} \times\alpha\delta\eta\alpha \text{Á}\lambda\epsilon\delta\delta\epsilon\epsilon \text{É}\text{í}\eta\eta\alpha\text{í}\phi\epsilon\eta\alpha\epsilon\text{:-}$  [20.10(1.11).1839,  $\text{Í}\alpha\delta\alpha\delta\alpha\delta\alpha$ , — 2.1.1921,  $\beta\epsilon\delta\alpha$ ],  $\acute{o}\text{:-}, \acute{i}\acute{u}\acute{e} \hat{a} \acute{i}\acute{a}\acute{e}\hat{a}\eta\delta\epsilon$   $\acute{i}\alpha\delta\alpha\acute{e}\acute{e}\acute{o}\delta\alpha\acute{e}\acute{e}$ .
8. A. F. Golovin The centennial of D. K. Chernov's discovery of polymorphous transformations in steel (1868–1968), Metal Science and Heat Treatment, Volume 10, Number 5 / May, 1968.
9. Gus Pram, *Metamorfosa Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Perspektif Islam*, Pengajian Online Rusia (PORSIA) PCI NU FREU 9 Okt 2016.
10. Agus Pramono, Ph.D tech: *Sanad Ilmu Metalurgi dan Manufaktur dalam Perspektif Islam*, Pengajian online PCI NU UK. 5 Januari 2017.
11. Agus Pramono, Ph.D tech. *Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam membangun peradapan Islam*. Tallinn Juli 2016.
12. [www.nu.or.id/Aktivis](http://www.nu.or.id/Aktivis) NU Rusia dan Eropa Ungkap Sanad Keilmuan Metalurgi dalam Islam, Kamis, 12 Januari 2017.
13. [www.nu.or.id/Gus](http://www.nu.or.id/Gus) Pram Ungkap 3 Klasifikasi Perangkat Teknologi Militer oleh Ilmuwan Muslim, 17 Januari 2017.
14. Saito, Y.; Utsunomiya, H.; Tsuji, N.; Sakai, T., Novel ultra-high straining process for bulk materials development of the accumulative roll-bonding (ARB) process. *Acta Materialia*, 1999, 47 (2), 579-583.
15. Werner Kochmann, Marianne Reibold, Rolf Goldberg, Wolfgang Hauffe, Alexander A. Levin, Dirk C. Meyer, Thurid Stephan, Heide Müller, André Belger, Peter Paufler. Nanowires in ancient Damascus steel. *Journal of Alloys and Compounds* 372 (2004) L15–L19.
16. Ruslan Z. Valiev dan Terence G. Langdon, Principles of equal channel angular pressing as a processing tool for grain refinement, *Progress in materials Science*, 2006, 51, 881-981.