

EVALUASI KEKERASAN RESTORASI NIKEL-KROMIUM DENGAN BERBAGAI METODE CASTING

FX Ady Soesetjjo

Bagian Prostodonsia Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Jawa Timur – Indonesia

ABSTRACT

Non precious alloys were used widely in dentistry, because cost was relatively lower than noble alloys (precious alloy). This study aims to evaluate the microhardness NiCr alloys were frequently used in the construction of crown and bridges prosthodontics and metal frame dentures with different methods. Casting methods used were: 1) induction / argon, the argon electromagnetic induction with controlled atmospheric pressure, 2) induction / vacuum, the electromagnetic induction in a vacuum environment, 3) induction /air, electromagnetic induction air was not controlled by atmospheric pressure and 4) flame / air from combustion of gas / oxygen in centrifugal castings machine was not controlled by atmospheric pressure. The three of alloys used were Ni-Cr-Mo-Ti; Ni-Cr-Mo-Be and Ni-Cr-Mo-Nb. The sample size was 60, divided into 12 groups (each group consisted of 5 samples). Cylindrical samples with a length of 15 mm and a diameter of 1.6 mm. After casting, the samples were embedded in resin and polished for Vickers microhardness measurement in a Shimadzu HMV-2 (1000 g with duration of 10 seconds). The data obtained were in the form of indentations (indentation) on the surface of the sample. The data was subjected to two-way ANOVA and Tukey's multiple comparison test ($\alpha = 0.05$). The two way ANOVA suggested a non significant effect of the interaction alloys versus casting ($p=0.10$). A significant effect of alloy ($p<0.0001$) and casting methods ($p<0.0001$) was detected. The hardness value of Ni-Cr-Mo-Ti (421 ± 7.8) was higher ($p <0.05$) than the Ni-Cr-Mo-Nb (414 ± 7.6). The hardness value of the casting method of induction / argon and induction/ vacuum was similar ($p > 0.05$), and lower than the induction / air and flame / air ($p <0.05$). The lowest hardness value was Ni-Cr-Mo-Be (358 ± 10.7). The hardness value in the condition induction/ air and flame /air was similar ($p > 0.05$). The microhardness of the alloys was influenced by their composition and casting method. The microhardness of NiCr alloy hardness was higher when they were cast with induction/air and flame/air methods

Keywords: NiCr alloys, castings method, microhardness

Korespondensi (Correspondence) : Bagian Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Jl. Kalimantan 37 Jember 68121. Phone: (0331)333536, Fax. (0331)331991. E-mail: adysoesetjjo@gmail.com

Logam yang digunakan di kedokteran gigi untuk mengkonstruksi restorasi tidak pernah menggunakan logam tunggal, karena jika digunakan kurang memenuhi syarat fisis, mekanis, biologis, kimia dan estetis. Untuk memperbaiki sifat tersebut dapat dilakukan dengan cara mencampur beberapa logam dengan kadar yang berbeda, sehingga logam campur yang terbentuk dapat saling memperbaiki sifat-sifat logam yang merugikan. Logam campur atau paduan tersebut disebut aloi.¹ Aloi berbahan dasar Ni pada umumnya mempunyai bentuk kristal *face centered cubic* (FCC) yang merupakan struktur kristal berbentuk kubik. Pola kristal kubik tersusun dalam sumbu yang sama panjang dan bertemu pada sudut 90° .²

Aloi yang sering digunakan untuk restorasi salah satunya adalah aloi nikel-kromium (NiCr). Pertimbangan pemakaian aloi NiCr terutama karena harganya relatif murah dibanding *precious alloy*, mempunyai kekerasan yang cukup, serta sifat fisik dan mekanik yang baik.³ Komposisi aloi NiCr terdiri dari komponen utama Ni 68 – 80 % dan Cr 11,9 – 26,3 %, serta komponen tambahan seperti molibdenum (Mo), niobium (Nb), berilium (Be), silikon (Si), aluminium (Al) dan titanium (Ti).^{4,5} Aloi NiCr banyak digunakan untuk konstruksi *metal frame denture* (rangka logam gigi tiruan), *fixed prosthodontics* (mahkota dan jembatan), serta dapat juga dikombinasikan dengan porselen.⁵

Craig dan Powers menguraikan bahwa aloi pengganti logam mulia harus memenuhi atau mendekati persyaratan *American Dental Association Specification* (ADAS) nomor 5 yaitu merupakan aloi sederhana, terdiri dari campuran tiga macam logam utama (*ternary alloy*), suhu pengecoran relatif rendah dan kemampuan cor yang baik, serta harganya relatif murah.⁶

Teknik penuangan aloi NiCr (*casting alloy*) dapat dilakukan dengan induksi argon, induksi vakum, tekanan hawa atau sentrifugal. Hal tersebut di atas prinsipnya adalah terjadinya pembakaran aloi yang mengakibatkan terjadinya kontak antara aloi dan api/panas yang disemburkan melalui *blowtorch*. Pembakaran tersebut mengakibatkan oksidasi aloi yang dapat menyebabkan perubahan fisik aloi, terutama kekerasan dan kekuatannya.^{6,7} Baran (1984) menyatakan bahwa peleburan aloi NiCr akan terjadi oksidasi melalui masuknya karbon udara kedalam *lattice* (pola geometris aloi), sehingga terbentuk senyawa karbit yang dapat melemahkan sifat fisik aloi.⁸

Penggunaan mesin tuang dengan kontrol tekanan atmosfer dapat mencegah terjadinya oksidasi dan tercampurnya unsur-unsur nitrogen, oksigen dan karbon selama pencairan aloi. Disolusi gas dalam peleburan aloi yang disebabkan reaksi antara aloi cair dan gas sangat tergantung pada waktu pemanasan, komposisi aloi dan *casting*

methode (metode peleburan). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kekerasan mikro dari tiga macam aloi NiCr dengan komposisi berbeda dan dilakukan dengan metode peleburan yang berbeda pula.

BAHAN DAN METODE

Tiga aloi berbahan dasar nikel digunakan dalam penelitian ini, yaitu : **Wiron** (BEGO, Germany); **4all NiCr alloy** (Ivoclar vivadent, USA) and **Suprem Cast - V** (Talladium, Valencia, Calif., USA). Komposisi aloi tersebut terdapat pada tabel 1.

Aloi-aloi tersebut di atas dilebur dengan empat metode yang berbeda, yaitu :

1. Induksi/argon : peleburan menggunakan induksi pemanas dan mesin sentrifugal listrik (F.lli Manfredi, San Secondo di Penorolo, Toscana, Italy) dalam atmosfer

argon (N-50, 99,999% pure-air liquide do Brazil, SP, Brazil).

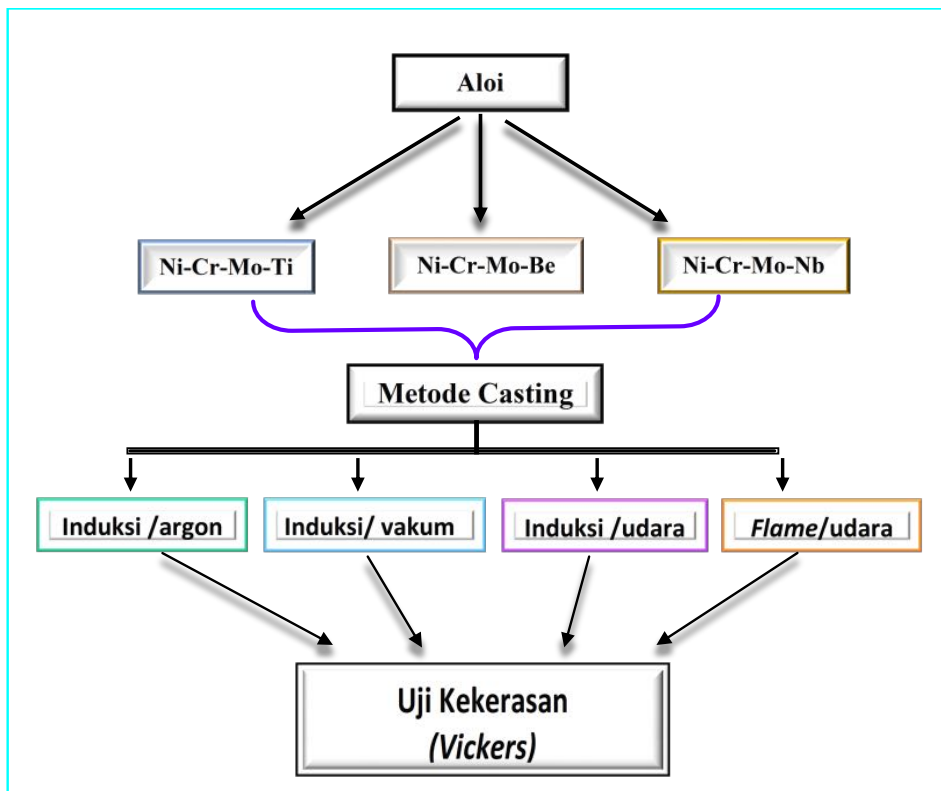
2. Induksi/vakum : induksi pemanas dan mesin sentrifugal listrik dalam vakum (Indutherm TF 4000, Germany).
3. Induksi/udara : induksi pemanas dan mesin sentrifugal listrik dalam sebuah atmosfer yang tidak terkontrol (ZL-500 Brass gravity casting machine, Xiamen-china).
4. Flame/udara : peleburan menggunakan kombinasi api dan oksigen/gas , yang dilakukan pada mesin tuang sentrifugal (centrifugal casting machine- Keer, Michigan, USA).

Terdapat duabelas kelompok dari kombinasi ketiga macam aloi dan empat metode casting. Besar sampel masing-masing kelompok adalah 5 (lima) sampel. Jadi besar total sampel 60 (enampuluh). Rancangan penelitian (experimental design) dapat dilihat pada gambar 1

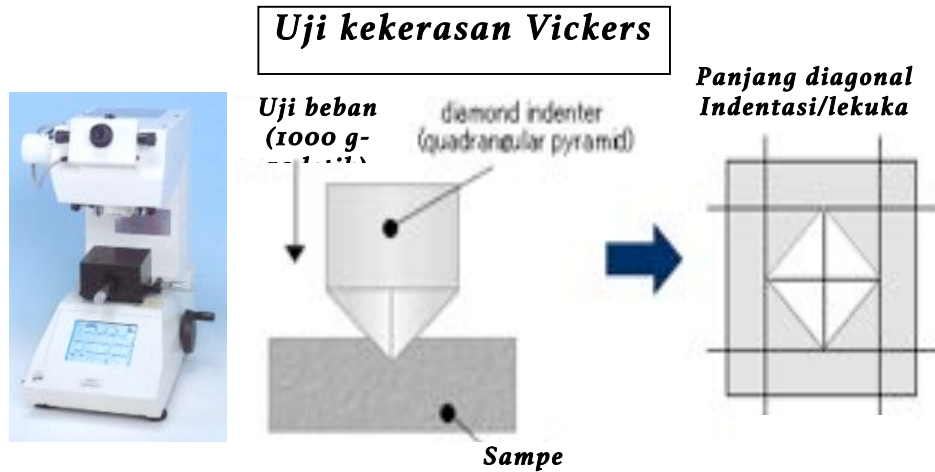
Tabel 1. Komposisi dari berbagai aloi NiCr (% Wt) *

| Komposisi Aloi | Ni | Cr | Nb | Mo | Be | Si | Al | Ti |
|-------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Ni-Cr-Mo-Nb | 75 | 12,5 | 4,0 | 4,25 | - | 0,50 | 2,25 | 0,45 |
| Ni-Cr-Mo-Be | 74 | 14,0 | - | 8,5 | 1,80 | - | 1,70 | - |
| Ni-Cr-Mo-Ti | 76,5 | 13,5 | - | 6,0 | - | - | - | 4,0 |

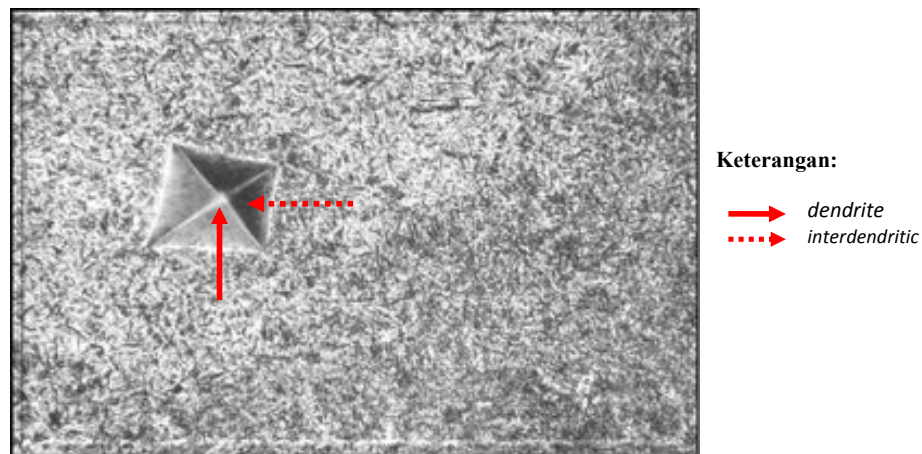
(*) Data diperoleh dari brosur manufaktur



Gambar 1. Rancangan Penelitian



Gambar 2. Alat uji kekerasan Vickers (*Shimadzu HMV-2, Tokyo, Japan*, dan metode pengujian



Gambar 3. Indentasi/lekukan hasil uji kekerasan *Vickers* dengan pembebanan 1000 g, durasi 10 detik (pembesaran 400X)

Pembuatan sampel dilakukan dengan cara, yaitu lima kawat metalik, masing-masing dengan panjang 15 mm dan diameter 1,6 mm ditanam pada pada tabung tuang (*casting ring*) dengan menggunakan bahan tanam fosfat (*Micro-fine 1700, Talladium, Valencia Calif., USA*). Setelah bahan tanam *setting*/mengeras, kawat-kawat tersebut dilepas dan rongga cetak (*mould space*) yang terbentuk digunakan untuk penuangan aloi, sesuai dengan rancangan penelitian. Empat tabung tuang disiapkan untuk masing-masing metode *casting*. Setelah proses *casting*, semua spesimen/sampel dipisahkan dari bahan tanam, dibersihkan dan ditempatkan pada resin fenol. Sampel tersebut kemudian dipoles dengan kertas silikon karbit (grit #180 - #2000) dan dibersihkan dengan ultrasonik selama 5 menit dengan 0,05 ml larutan koloidal silika (*Struers, Rodovre, Denmark*).

Sampel yang telah dipoles kemudian dietsa dengan larutan asam nitrat dan asetat, yang dicampur dengan proporsi 1 : 1 selama 15 detik. Kekerasan diukur menggunakan *identer tester* (*Shimadzu HMV-*

2, *Tokyo, Japan*) dengan besar beban 1000 g durasi 10 detik (Gambar 2). Visualisasi mikrostruktur hasil uji kekerasan aloi menggunakan mikroskop stereo (*Olympus BX-50, Japan*) dengan pembesaran 400 X (gambar 3).

Masing-masing sampel diukur dan ditabulasi. Uji statistik menggunakan anova dua arah dan Tukey's untuk uji perbandingan ganda dengan taraf signifikansi 95 % ($\alpha = 0,05$).

HASIL PENELITIAN

Anova dua arah kekerasan *Vickers* aloi dan metode *casting* pada tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan kekerasan di antara aloi ($p < 0,0001$); adanya perbedaan di antara metode *casting* ($p < 0,0001$), tetapi tidak adanya interaksi antara kekerasan aloi dan metode *casting* yang digunakan ($p = 0,10$).

Rerata nilai kekerasan *Vickers* pada semua metode *casting* pada tabel 3 menunjukkan bahwa kekerasan Ni-Cr-Mo-Nb antara metode *casting* induksi/vakum dan

induksi/udara tidak berbeda bermakna. Kekerasan Ni-Cr-Mo-Be antara metode casting induksi/vakum, induksi/udara dan flame/udara tidak berbeda bermakna. Kekerasan Ni-Cr-Mo-Ti antara metode casting induksi/argon dan induksi/vakum tidak didapatkan perbedaan. Kekerasan antara

Ni-Cr-Mo-Nb, Ni-Cr-Mo-Be dan Ni-Cr-Mo-Ti pada semua metode casting berbeda bermakna, kecuali pada induksi/vakum antara Ni-Cr-Mo-Nb dan Ni-Cr-Mo-Ti tidak didapatkan perbedaan.

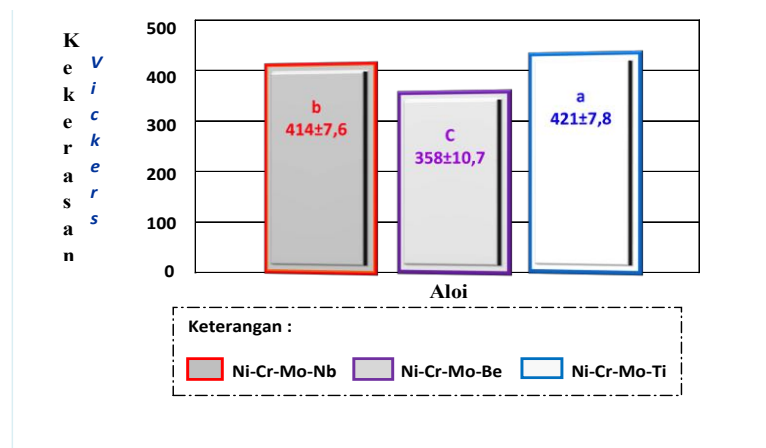
Tabel 2. Hasil anova dua arah kekerasan *Vickers* aloi dan metode casting

| Sumber | df | Rerata kuadrat | F | Harga p |
|---------------------------|----|----------------|----------|---------|
| Corrected model | 8 | 21,043 | 453,020 | <0,0001 |
| Intercept | 1 | 264,186 | 5687,486 | <0,0001 |
| Alloys | 2 | 57,320 | 1233,998 | <0,0001 |
| Casting methods | 2 | 20,640 | 444,354 | <0,0001 |
| Interaksi Alloys *Casting | 4 | 3,107 | 66,865 | =0,10 |

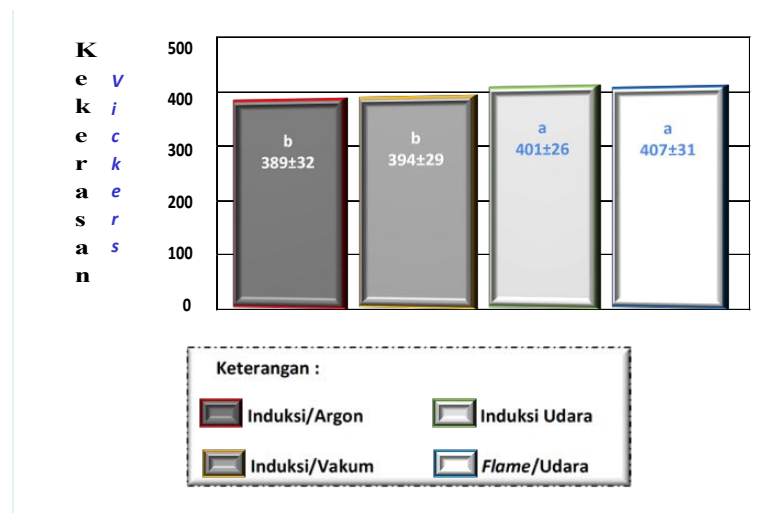
Tabel 3. Rerata nilai kekerasan *Vickers* pada semua metode casting

| Aloi | Metode Casting | | | | As received |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| | Induksi Argon | Induksi Vakum | Induksi Udara | Flame Udara | |
| Ni-Cr-Mo-Nb | 404 ± 3,1 ^c | 411 ± 5,2 ^{bc} | 416 ± 6,2 ^{bc} | 421 ± 3,2 ^{ab} | 390 ± 1,2 |
| Ni-Cr-Mo-Be | 346 ± 1,3 ^{de} | 354 ± 3,7 ^d | 364 ± 2,9 ^d | 364 ± 4,6 ^d | 309 ± 4,9 |
| Ni-Cr-Mo-Ti | 414 ± 1,6 ^{bc} | 413 ± 2,2 ^{bc} | 420 ± 2,5 ^{ab} | 431 ± 2,3 ^a | 371 ± 1,6 |

Catatan : berbeda huruf *superscript* berbeda bermakna berdasarkan hasil uji komparasi ganda



Gambar 4. Rerata kekerasan berbagai aloi



Gambar 5. Rerata kekerasan aloi dengan berbagai metode casting

Gambar 4 dan 5 menampilkan nilai rerata kekerasan Vickers aloi dan metode *casting*. Kekerasan Ni-Cr-Mo-Ti secara statistik lebih tinggi daripada Ni-Cr-Mo-Nb ($p < 0,05$). Nilai kekerasan terendah didapatkan pada Ni-Cr-Mo-Be ($358 \pm 10,7$). Metode *casting* pada induksi/udara (407 ± 31) dan *flame*/udara (401 ± 26) menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi yang secara statistik berbeda dengan metode induksi/argon (389 ± 32) dan induksi/vakum (394 ± 29). Sedangkan antara metode induksi/argon dan induksi/vakum tidak didapatkan perbedaan ($p > 0,05$). Semua metode *casting* meningkatkan kekerasan aloi NiCr dibandingkan dengan aloi NiCr murni (*as received*).

DISKUSI

Uji kekerasan merupakan cara yang sangat baik untuk mengevaluasi efek variabel terhadap aloi, terutama setelah dilakukan pengetsaan permukaan. Dalam prosedur ini memungkinkan untuk memilih daerah diluar porositas dan hal ini juga menyebabkan lekukan pada area yang heterogen (gambar 3). Hal ini sangat penting diketahui, karena kekerasan mikro dari *face center cubic (fcc)* yang berwarna terang lebih tinggi daripada *hexagonal closed packed (hcp)* yang berwarna gelap.⁹

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aloi *as receive* menunjukkan kekerasan yang lebih rendah daripada aloi yang lain setelah *casting*. Hal ini dimungkinkan karena aloi *as receive* melalui proses pemanasan sebelum komersialisasi yang menyebabkan peningkatan kehalusan aloi dan mengurangi nilai properti mekanisnya.^{10,11}

Terkait dengan metode *casting*, nilai kekerasan lebih tinggi saat prosedur *casting* dilakukan dalam atmosfer yang tidak terkontrol (*flame*/udara dan induksi/udara). Karena satu-satunya variabel antara kedua metode ini adalah sumber panas, dapat disimpulkan bahwa aloi NiCr lebih rentan terhadap pencemaran udara karena pengaruh gas dalam atmosfer seperti oksigen, hidrogen dan nitrogen daripada sumber panas elemen itu sendiri.

Tajima menyatakan bahwa *casting* pada kondisi atmosfer argon cenderung meningkatkan kekerasan aloi NiCr dibandingkan dengan *casting* dengan *flame*/udara dan induksi/udara.¹² *Casting* dengan *flame*/udara menunjukkan pengaruh yang paling rendah dari oksigen dan nitrogen. Beberapa unsur tambahan (*alloying element*) dalam aloi NiCr dapat membentuk oksida dan nitrit karena gas dari atmosfer dengan temperatur yang tinggi dapat merubah properti mekanis aloi. Bezzon dkk (2004), dalam isvestigasinya menyatakan bahwa *casting* aloi NiCr dengan *flame*/udara menyebabkan peningkatan kekerasan bila dibandingkan dengan *casting* yang dilakukan pada atmosfer terkontrol. Hal tersebut sebagai bukti tidak langsung oksidasi yang

disebabkan oleh *flame* tersebut.¹³ Penelitian tersebut di atas tidak didapatkan alasan yang kuat untuk dapat menjelaskan penelitian ini. Penelitian lebih jauh pada topik ini sangat diperlukan untuk menerangkan fenomena ini.

Proses pencairan aloi menyebabkan terjadinya oksidasi, yaitu terbentuknya oksida logam pada permukaan restorasi. Oksida logam merupakan bentuk kristal logam yang berdifusi pada permukaan restorasi, dalam metalurgi biasa disebut dengan karat. Pada penelitian ini restorasi NiCr bertindak sebagai pereduksi dan O_2 atmosfer bertindak sebagai pengoksidasi. Karat yang terbentuk pada restorasi akan mempercepat proses pengkaratan berikutnya. Oleh sebab itu karat disebut juga sebagai autokatalisis. Bentuk oksida logam mempunyai sifat mekanis lebih keras dibandingkan dengan struktur aloi dibawahnya, tetapi bersifat rapuh secara adesif sehingga mudah terlepas.

Kontrol terhadap atmosfer dapat menghindari reaksi unsur tambahan dengan gas.¹⁴ Phillips (1991) dan Piekarski (2001), menyatakan bahwa nilai kekerasan aloi yang lebih tinggi didapatkan saat dicor dengan *blowtorch (flame/udara)*, karena kemampuan beberapa elemen tambahan seperti Cr, Ti, Si dan Mo dalam membentuk senyawa karbit seperti MC , M_6C , M_7C_3 , $M_{23}C_6$ e M_2C_3 . Karbit dapat terjadi karena karbon dilepaskan selama kombusi *flame/udara*. Jumlah karbon yang diserap oleh aloi bahkan dapat lebih tinggi saat aloi dipanaskan atau saat zona oksidasi *flame* digunakan selama proses *casting*. Karbon tersebut kemudian mengubah mikrostruktur aloi dan properti mekanisnya.^{15,16}

Hal ini juga menjelaskan mengapa Ni-Cr-Mo-Ti menunjukkan tingkat rata-rata kekerasan yang paling tinggi. Keberadaan Ti dalam aloi dapat menyebabkan lebih banyak terbentuknya karbit dan nitrit, karena elemen ini sangat reaktif terhadap karbon yang selanjutnya meningkatkan nilai properti mekanis aloi. Ni-Cr-Mo-Nb menunjukkan tingkat kekerasan sedang, yang mungkin dikarenakan pembentukan *gamma prime* atau *intermetallic phase* (Ni_3Al dan Ni_3Nb) yaitu senyawa fase penguat (*Solution hardening phase*) yang juga meningkatkan kekuatan aloi.¹¹

Pada penelitian ini Ni-Cr-Mo-Be dengan elemen tambahan Al menunjukkan tingkat kekerasan yang paling rendah. Alo ini tidak memiliki elemen tambahan (*alloying element*) yang mendukung terbentuknya senyawa penguat pada *Ni solid solution matrix*. Al dalam daftar periodik termasuk logam amfoter yang kurang keras, tetapi keberadaan Al sebagai elemen tambahan pada aloi ini mempunyai peranan dalam pembentukan *protective surface oxide* (Al_2O_3), yaitu melindungi permukaan restorasi terhadap korosi yang dapat melemahkannya. Eftekhari (2003), menyatakan bahwa keberadaan Be dapat mengurangi tingkat kekerasan aloi.¹⁷

Be termasuk unsur tambahan dalam aloi NiCr karena kemampuannya untuk meningkatkan daya tuang aloi dan meningkatkan kekuatan ikat antara porselen dan logam, tetapi Be adalah yang paling bersifat alergen dan juga merupakan suatu toksit yang terakumulasi serta mengurangi resistensi terhadap korosi.^{18,19}

Terlepas dari komposisi aloi, kesemuanya menunjukkan nilai kekerasan yang serupa dengan enamel dan lebih tinggi dari aloi nobel (*noble alloys*). Hal ini menunjukkan kelemahan atau kekurangan aloi selama prosedur *finishing* dan *polishing*. Tingkat kekerasan yang tinggi aloi NiCr dapat juga dikaitkan dalam suatu fase yang disebut P, yaitu suatu fase intermetalik dari struktur yang tidak diketahui yang berada dalam diagram fase Cr-Mo-Ni.^{20,21}

Pengujian dari mikrostruktur dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang mungkin ada antara aloi-aloi tersebut, tetapi kesemuanya menunjukkan mikrostruktur yang sama yang terdiri dari *dendrites* (terang) dan sebuah daerah *interdendritic* (gelap).

Penelitian lebih jauh harus dilakukan untuk mengevaluasi perubahan komposisi aloi setelah dilakukan *casting* menggunakan metode yang berbeda untuk mendukung hipotesis yang dimunculkan dalam pembahasan penelitian ini.

Kesimpulan

Kekerasan aloi NiCr pada berbagai metode *casting* lebih tinggi dibanding dengan aloi NiCr *as received*. Kekerasan aloi dipengaruhi oleh komposisi dan metode *casting*. Restorasi Ni-Cr-Mo-Be menunjukkan nilai kekerasan yang paling rendah. Kekerasan restorasi NiCr akan lebih tinggi bila menggunakan metode *casting* induksi/udara dan *flame*/udara.

Daftar Pustaka

1. Combe EC. Notes on dental materials, 7th Ed, Churchill Livingstone, Edinburg, London 1992 : 39-53.
2. Craig RG, and Power, JM. Restorative dental materials, 11th Ed, St Louis Missouri: Mosby Inc 2004 : 125-472.
3. Anusavice JK. Phillips science of dental materials, 11th ed., WB Saunders Company, Philadelphia 2003 : 653.
4. O'Brien WJ. Dental materials and their selection, 3rd Ed, London: Quintessence Publishing Co : 2002 : 225-247.
5. Bauer JRO. Microhardness of Ni-Cr alloys under different casting conditions, Braz Oral Res 2006 : 20 (1) : 40-6.
6. Baran GR. Casting effect on carbon contents of Ni alloys [abstract 413]. J Dent Res 1979 : 58 : 196.
7. Engstrom G, Frederiksson H, Victorin I. Absorption of gas in dental gold alloys during melting. J oral Rehabil 1982 : 9 (1) : 35-44.
8. Baran GR. Oxide compounds on NiCr alloys, J Dent Res 1984: 63 (11): 1332-1334.
9. Matkovic T, Matkovic P, Malina J. Effect of Ni and Mo on the microstructure and some other properties of CoCr dental alloys. J Alloys Comp 2004 : 366 (1-2) : 293-97.
10. Civjan S, Huget EF, Godfrey GD, Lichtenberger H, Frank WA. Effect of heat treatment on mechanical properties of two nickel chromium based casting alloys. J Dent Res 2002 : 51 (6) : 1537-45
11. Morris HF, Asgar K, Rowe AP, Nasjleti CE. The influence of heat treatments on several types of base metal removable partial denture alloys. J Prosthet Dent 2009 : 41 (4) : 388-95.
12. Tajima K, Kakigawa H, Kozono Y, Hayashi I. Oxygen and nitrogen uptake in dental NiCr alloy castings by several melting methods. Dent Mater J 2004 : 3 (2) : 262-71.
13. Bezzon OL, Pedrazzi H, Zaniquelli O, Zilva TBC. Effect of casting technique on surface roughness in consequent mass loss after polishing of NiCr and CoCr base metal alloys: a comparative study with titanium. J Prosthet Dent 2004 : 92 (3) : 274-7.
14. Traini T, Murmura G, Di Lullo N, Caputi S. Adherence of investment to Au-Pd-Ag alloys using a vacuum-argon pressure casting machine. Dent Mater 2003 : 19 (8) : 732-8.
15. Phillips RW. Skinner's science of dental materials 9th ed. Philadelphia: WB Saunders Co 1991 : 38-41.
16. Piekarski B. Effect of Nb and Ti additions on microstructure and identification of precipitates to stabilized NiCr cast austenitic steels. Mater Characterization 2001 : 47(3-4) : 181 – 6.
17. Eftekhari A. Fractal study of Ni-Cr-Mo alloy of dental application: effect of beryllium. Appl Surf Sci 2003 : 220 (1-4) : 343-8.
18. Geis-Gerstorfer J & Passler K. Studies on the influence of Be content on the corrosion behaviour and mechanical

- properties of Ni-25Cr-10Mo alloys. Dent Mater 1993 : 9(3) : 177 – 81.
19. Huang HH. Surface characterization of passive film on NiCr based dental casting alloys. Biomaterials 2003 : 24 (9) : 1575-82.
20. Gregory DO. Nickel-chromium alloys in casting. Miss Dent Assoc J 2002 : 38 (4) : 18 – 20.