

Model kekuatan geser dan kekuatan tarik perlekatan copper alloy dengan resin akrilik setelah tin plating

(Tensile strength and shear strength models bonds in between copper alloy and acrylic resin after tin plating)

Endanus Harijanto dan Sri Yogyakarta

Bagian Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga
Surabaya - Indonesia

ABSTRACT

Tooth crown restoration was made in a complex system consisting of several elements, namely tensile strength and shear strength bond between copper alloy and acrylic resin after tin plating. The aim of this examination was to find a model representing connection between tensile strength and shear strength in between copper alloy with acrylic resin in statistic method. In conclusion, this examination utilizing a strength model $= 0.645 + 1.237 \times$ tensile strength resulted shear strength examination. On the other hand, the utilization of a strength $= -0.506 + 0.808 \times$ shear strength resulted tensile strength examination.

Key words: model, tensile strength, shear strength, copper alloy, acrylic resin, tin plating

Korespondensi (correspondence): Endanus Harijanto, Bagian Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga. Jln. Mayjen. Prof. Dr. Moestopo No. 47 Surabaya 60132, Indonesia.

PENDAHULUAN

Restorasi suatu mahkota gigi bertujuan untuk mengembalikan fungsi kunyah, estetika dan fungsi bicara. Oleh karena itu pembuatan restorasi mahkota membutuhkan suatu bahan yang dapat menahan beban kunyah dan memenuhi syarat estetika. Pada beberapa kasus, penggunaan *copper alloy* mempunyai warna keemasan yang tidak memenuhi persyaratan estetika tetapi mempunyai daya tahan beban kunyah yang cukup baik, sehingga perlu diperbaiki dengan memberi lapisan resin akrilik yang mempunyai warna seperti gigi asli. Perlekatan antara logam dan resin akrilik sulit diperoleh oleh karena tidak ada ikatan kimia antara logam dan resin akrilik yang menyebabkan kebocoran tepi antara logam dan resin akrilik.¹ Dengan mempergunakan *tin plating* ikatan kimia antara *copper alloy* dan resin akrilik dapat terbentuk sehingga diharapkan kekuatan perlekatan dapat meningkat.²

Perlekatan antara dua bahan atau *bond strength* merupakan suatu sistem kompleks yang terdiri dari elemen kekuatan tarik dan kekuatan geser. Perlekatan *copper alloy* dengan resin akrilik belum diketahui keterkaitan antara hasil uji tarik dan geser, oleh karena itu diperlukan model berupa pemetaan dari karakteristik sistem dan transformasi karakteristik sistem ke dalam formula yang pada umumnya merupakan formula matematik.

Tujuan pemodelan di sini digunakan sebagai alat menjelaskan atau menggambarkan suatu fakta keterkaitan beberapa elemen, karena belum ada teori yang menerangkan hal tersebut. Dengan adanya fakta

keterkaitan antara elemen tersebut bermanfaat untuk efisiensi dalam melakukan uji dengan jalan estimasi nilai kekuatan suatu elemen berdasarkan hasil salah satu uji kekuatan elemen lainnya. Untuk melakukan estimasi dipergunakan teknik regresi sebab mempunyai aplikasi yang luas, penerapannya lebih mudah dan pada prosedur statistik yang kompleks mudah dipahami.^{3,4} Menurut Gaspersz⁴ proses pemodelan regresi pada dasarnya merupakan suatu proses yang bersifat iteratif, yang secara garis besar terdiri dari tiga tahap yaitu: spesifikasi atau identifikasi model, penentuan atau pendugaan nilai parameter model termasuk pemilihan model yang baik dan pengujian terhadap model.

BAHAN DAN METODE

Model dibentuk berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian tentang kekuatan perlekatan tarik antara *copper alloy* terhadap resin akrilik dan dari hasil uji kekuatan perlekatan geser antara *copper alloy* dengan resin akrilik.^{5,6} Data sekunder tersebut didistribusikan dalam tabel 1 dan tabel 2. Data penelitian tersebut diperoleh dengan uji eksperimental yang dilakukan di laboratorium bagian Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi mempergunakan bahan uji *copper alloy* atau logam campur tembaga, resin akrilik tipe *heat cured*, dan menggunakan larutan SnCl₂ sebagai bahan *tin plating*. Proses penelitian diawali dengan pembuatan spesimen uji yang terbuat dari *copper alloy*, bentuk spesimen disesuaikan dengan kebutuhan alat uji.

Spesimen kelompok penelitian *tin plating* digosok sebanyak 20 kali menggunakan kertas gosok *aluminium oxide* no. 2,5 dengan diberi beban 1 kg selanjutnya dilakukan *tin plating* dengan periode singkat yaitu menggunakan arus 6 volt dan 9 volt dengan pertimbangan periode singkat tersebut dapat mengoptimalkan prosedur *electroplating*⁷, hasilnya dikeringkan dengan udara selama satu menit supaya terbentuk lapisan *oxide film* yang berasal dari timah yang terkena udara,⁸ selanjutnya diberi lapisan akrilik. Pada kelompok kontrol spesimen uji yang terbuat dari *copper alloy* langsung diberi lapisan akrilik tanpa melewati proses *plating*.

Tabel 1. Nilai rerata dan standar deviasi kekuatan perlekatan tarik antara logam campur tembaga terhadap resin akrilik (kgf/mm²)

Kelompok	\bar{x}	SD
Kontrol	4,3181	0,8252
Plating	21,4787	1,5056

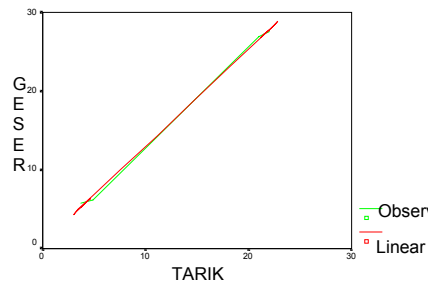
Tabel 2. Nilai rerata dan standar deviasi hasil uji kekuatan perlekatan geser antara *copper alloy* dengan resin akrilik (kgf/mm²)

Kelompok	\bar{x}	SD
Kontrol	5,9666	0,683
Plating	27,2277	0,929

Selanjutnya berdasarkan data kasar hasil uji dibuat model atau hubungan fungsional antara nilai uji kekuatan tarik dan nilai uji kekuatan geser. Kedua nilai uji kekuatan tarik maupun geser bisa berperan sebagai variabel prediktor maupun variabel respon yang nantinya akan didapatkan dua model regresi sesuai dengan peran masing-masing yaitu regresi nilai kekuatan tarik atas nilai kekuatan geser maupun regresi nilai kekuatan geser atas nilai kekuatan tarik. Proses pemodelan meliputi: 1) spesifikasi atau identifikasi model, ditentukan dengan melihat penebaran data ke dalam grafik untuk melihat hubungan apakah linier atau non linier, yang pada intinya untuk merumuskan model yang diperkirakan sesuai dengan perilaku sistem konkrit yang dipelajari; 2) penentuan atau pendugaan nilai parameter model termasuk pemilihan model yang terbaik (seleksi model) untuk menjelaskan sistem konkrit yang dipelajari. Suatu model dianggap tepat apabila nilai dugaan bagi parameter telah dinyatakan stabil, hal ini berkaitan dengan besarnya ragam atau varian dari nilai dugaan bagi parameter; 3) pengujian terhadap model, merupakan suatu proses yang bersifat kritis, dimana ketepatan model yang telah dipilih dievaluasi kembali. Analisis terhadap tingkat kesalahan model (misalnya melalui analisis residu) merupakan bagian penting dari proses ini.

HASIL

Identifikasi model dengan mempergunakan penebaran data antara nilai uji kekuatan tarik dan nilai uji kekuatan geser perlekatan antara *copper alloy* dan resin akrilik terlihat penebaran data terpola linier (gambar 1).



Gambar 1. Penebaran data nilai uji kekuatan tarik dan nilai uji kekuatan geser.

Penentuan atau pendugaan nilai parameter model regresi kekuatan geser atas kekuatan tarik pada tabel 3 diperoleh $\beta_0 = 0,645$ dengan signifikansi $p > 0$ dan $\beta_1 = 1,237$ dengan signifikansi $p < 0$. Berdasarkan uji ANOVA pada tabel 4 diperoleh nilai pemilihan model regresi kekuatan geser atas kekuatan tarik yang terbaik dengan nilai signifikan (0,001).

Pendugaan nilai parameter model regresi kekuatan tarik atas kekuatan geser pada tabel 5 diperoleh $\beta_0 = -0,506$ dengan signifikansi $p > 0$ dan $\beta_1 = 0,808$ dengan signifikansi $p < 0$. Berdasarkan uji ANOVA pada tabel 6 diperoleh nilai pemilihan model regresi kekuatan tarik atas kekuatan geser terbaik dengan nilai signifikan (0,001).

Tabel 3. Nilai koefisien model regresi kekuatan geser atas kekuatan tarik

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error			
	Constant	,645	,325		1,987
Kekuatan tarik	1,237	,021	,999	59,022	,000

Dependent variable: Kekuatan geser

Tabel 4. Uji ANOVA model regresi kekuatan geser atas kekuatan tarik

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	677,532	1	677,532	3483,651	,000
Residual	,778	4	,194		
Total	678,310	5			

1. Predictors: (constant), Kekuatan tarik
2. Dependent variable: Kekuatan geser

Tabel 5. Nilai koefisien model regresi kekuatan tarik atas kekuatan geser

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error			
	Constant	-,506			
Kekuatan Geser	,808	,014	,999	59,022	,000

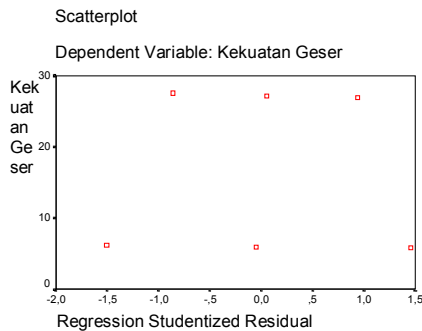
a. *Dependent variable:* Kekuatan tarik

Tabel 6. Uji ANOVA model regresi kekuatan tarik atas kekuatan geser

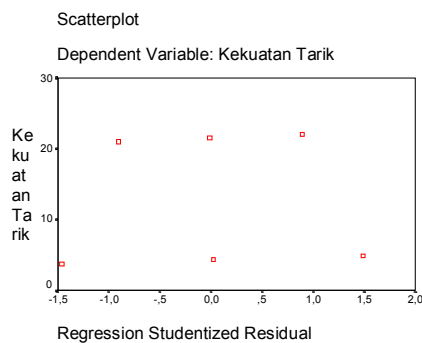
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	677,532	1	677,532	3483,651	,000
Residual	,778	4	,194		
Total	678,310	5			

a. *Predictors:* (constant), Kekuatan geser

b. *Dependent variable:* Kekuatan tarik



Gambar 2. Penebaran data antara residu dengan variabel respon kekuatan geser.



Gambar 3. Penebaran data antara residu dengan variabel respons kekuatan tarik.

Uji ketepatan model dilakukan dengan melihat penebaran data atau plot antara variabel respons dengan residu (gambar 2), dimana penebaran antara residu dengan ramalan atau variabel respons model regresi kekuatan geser

atas kekuatan tarik terlihat tidak terpol. Pada gambar 3 penebaran antara residu dengan variabel respons model regresi kekuatan tarik atas kekuatan geser terlihat tidak terpol.

PEMBAHASAN

Data sekunder eksperimental uji kekuatan tarik dan kekuatan geser antara *copper alloy* dengan resin akrilik menunjukkan adanya variasi perubahan kekuatan yang disebabkan oleh proses *plating* dimana terjadi peningkatan kekuatan setelah melewati proses *plating* dibanding tanpa *plating*. Hal ini disebabkan hasil *tin plating* pada *copper alloy* setelah terjadi oksidasi mampu membentuk *oxide film* berupa *tin oxide* yang mengakibatkan meningkatkan kekuatan perlekatan antara resin akrilik dan logam.⁸⁻¹⁰ Sesuai dengan pernyataan Combe¹¹ yang menyatakan bahwa apabila *tin* dilapiskan pada logam campur akan terbentuk lapisan *oxide film* yang akan bereaksi dengan resin dan memberikan suatu ikatan kimia. Craig and Powers¹² juga menyatakan bahwa terbentuknya *oxide* pada permukaan logam campur telah terbukti berperan dalam menghasilkan perlekatan yang kuat. Variasi peningkatan kekuatan terjadi pada uji kekuatan tarik maupun uji kekuatan geser, dimana hal ini menunjukkan adanya suatu perubahan yang sifatnya berpasangan yang memungkinkan untuk dilihat apakah pasangan data ini mempunyai hubungan yang fungsional.

Hubungan fungsional antara nilai kekuatan tarik dan nilai kekuatan geser berhasil diperoleh melalui metode statistika dengan jalan menentukan spesifikasi atau identifikasi model. Dari penebaran data nilai kekuatan tarik dan nilai kekuatan geser dapat dilihat bahwa penebaran data mempunyai pola yang linier atau garis lurus (gambar 1), di sini disimpulkan bahwa model yang terbentuk merupakan model linier:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

- Y = Variable respons
- X = Faktor bertaraf kuantitatif
- β_0 = Parameter intersep
- β_1 = Pengaruh variabel bebas pada respons
- ϵ = Galat (error)

Dengan pedoman bahwa model yang dibentuk merupakan model yang linier, dicari koefisien β_0 dan β_1 dengan mempergunakan metode kuadrat terkecil atau *least squares method*^{3,13} yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 3 dan 5 diperoleh: model I: kekuatan geser = 0,645 + 1,237 × kekuatan tarik; model II: kekuatan tarik = -0,506 + 0,808 × kekuatan geser komponen β_1 model I memberikan arti bahwa peningkatan satu unit kekuatan tarik akan meningkatkan 1,237 kekuatan geser dan komponen β_1 model II memberikan arti bahwa peningkatan satu unit kekuatan geser akan meningkatkan 0,808 kekuatan tarik.

Setelah melewati uji t komponen β_1 model I dan model II menunjukkan hasil yang signifikan ($p < 0,05$) berarti β_1 mempunyai kontribusi yang berarti sebesar 99,99% terhadap nilai Y sehingga dapat digunakan sebagai prediktor dan dapat dimasukkan ke dalam model. Sedangkan arti komponen β_0 mempunyai beberapa pengertian, pertama apabila komponen model I kekuatan tarik sama dengan nol akan diperoleh nilai rata-rata kekuatan geser sebesar 0,645 akibat pengaruh dari β_0 dan pada model II apabila kekuatan geser sama dengan nol akan diperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar -0,506 akibat pengaruh dari β_0 . Kondisi ini tidak mungkin berdasarkan pendapat dari Anusavice menyatakan bahwa *tensile strength, shear strength, compressive strength* dan *flexural strength* masing-masing merupakan ukuran tekanan yang diperlukan untuk mematahkan suatu bahan. Maka jika nilai kekuatan tarik maupun geser sama dengan nol berarti tanpa tekanan apapun perlekatan antara *copper alloy* dengan resin akrilik sudah terlepas atau tidak terjadi perlekatan sama sekali antara *copper alloy* dengan resin akrilik. Kedua berdasarkan hasil uji perlekatan antara *copper alloy* dengan resin akrilik walaupun tanpa perlakuan atau *plating* sudah mempunyai nilai bukan nol yaitu 4,3181 kgf/mm² untuk kekuatan tarik dan 5,9666 kgf/mm² untuk kekuatan geser, kemungkinan hal ini terjadi sesuai dengan pendapat Craig and Powers¹² bahwa logam mulia tahan terhadap oksidasi untuk memudahkan oksidasi harus ditambah elemen lain seperti indium atau timah. Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah *copper alloy*, bukan merupakan logam mulia sehingga dapat mengalami oksidasi sehingga terbentuk *oxide film* yang membentuk ikatan secara kimia dengan resin akrilik. Oleh karena itu pengertian bahwa kekuatan geser maupun kekuatan tarik sama dengan nol dapat kita abaikan. Ketiga walaupun uji “t” menunjukkan nilai signifikansi β_0 pada model I dan model II dengan hasil tidak signifikan ($p > 0,05$) yang berarti β_0 tidak mempunyai kontribusi yang berarti terhadap Y, namun keberadaan nilai β_0 tetap dipertahankan oleh karena secara teori tidak mungkin uji kekuatan tarik dan kekuatan geser sama dengan nol dan di dalam penelitian ini tidak ada nilai nol yang masuk sebagai data prediktor. Sesuai dengan pendapat Gujarati D¹⁶ yang menyatakan bahwa secara umum orang harus menggunakan akal sehat dalam menafsirkan intersep (β_0) karena jangkauan sampel nilai X tidak memasukkan nol sebagai satu dari nilai yang diamati.

Penentuan model yang kita peroleh sudah merupakan model yang terbaik dapat kita lihat pada tabel 4 dan tabel 6 setelah melewati uji ANOVA menunjukkan bahwa model I dan model II mempunyai nilai signifikansi $p < 0,05$ berarti model I dan model II mempunyai nilai dugaan yang stabil berarti merupakan pilihan model yang terbaik.

Pengujian terhadap model yang telah dipilih dievaluasi kembali dalam hal ketepatan modelnya, dari gambar 2 dan

gambar 3 yang menggambarkan penebaran data antara residu dengan variabel respon menunjukkan tebaran data yang tidak terpola, yang dimaksud residu adalah perbedaan antara nilai pengamatan dengan nilai ramalan. Dengan penebaran data tidak terpola berarti tidak ada hubungan antara residu dengan nilai ramalan, berarti asumsi linieritas dan homogenitas varian model terpenuhi.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan efisiensi diperoleh, dengan mempergunakan model kekuatan geser = $0,645 + 1,237 \times$ kekuatan tarik didapatkan nilai estimasi kekuatan geser berdasarkan nilai kekuatan tarik. Dan dengan mempergunakan model kekuatan tarik = $-0,506 + 0,808 \times$ kekuatan geser didapatkan estimasi nilai kekuatan tarik berdasarkan nilai kekuatan geser. Untuk penyempurnaan model perlu dilakukan penambahan variasi data berdasarkan perlakuan selain *tin plating*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Imbery TA, Evans DB, Koeppen RG. A new method of attaching gold occlusal surfaces to acrylic resin denture teeth. *Quintessence Int* 1993; 24:29–33.
2. Mc. Lean JW. The science and art of dental ceramic. The nature of dental ceramic and their clinical use. *Quintessence Int* 1979; 10:63–88.
3. Kleinbaum DG, Kupper LL, Muller KE. Applied regression analysis and other multivariable methods. 2nd ed. Boston: PWS-KENT Publishing Co; 1992. p. 36, 41–4.
4. Gaspersz V. Teknik analisis dalam penelitian percobaan. Jilid 2. Bandung: Tarsito; 1992. h. 37–9.
5. Asmara E. Pengaruh pemberian tin plating pada permukaan logam campur tembaga terhadap peningkatan kekuatan perlekatan tarik resin akrilik. Skripsi. Surabaya: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga; 2002. h. 13–26.
6. Dewi RK. Peningkatan kekuatan perlekatan geser antara copper alloy dan resin akrilik setelah proses tin plating. Skripsi. Surabaya: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga; 2002. h. 14–27.
7. Van der Veen H, Krajenbrink T, Bronsdijk B, Van der Poel F. Resin bonding of tin electroplated precious metal fixed partial denture one-year clinical result. *Quintessence Int* 1986; 17:299–301.
8. Kirk, Othmer. Encyclopedia of chemical technology. 2nd ed. USA: John Willey & Sons; 1977. p. 42–5.
9. Guastaldi AC, Lacefield WR, Leinfelder KF, Mondelli J. Metallurgical evaluation of a copper alloy-based alloy for dental castings. *Quintessence Int* 1991; 22:647–52.
10. Oscan M, Pfeiffer P, Nergiz I. A brief history and current status of metal and ceramic surface-conditioning concepts for resin bonding in dentistry. *Quintessence Int* 1998; 29: 713–24.
11. Combe EC. Notes on dental materials. 6th ed. Edinburg, London, Madrid, Melbourne, New York, Tokyo: Churchill Livingstone; 1992. p. 26–8, 157–61, 263.
12. Craig RG, Powers JM. Restorative dental materials. 11st ed. St Louis: Mosby Inc; 2002. p. 85, 578–9, 636.
13. Box GEP, Hunter WG, Hunter JS. Statistics for experimenters an introduction to design, data analysis and model building. New York, Chichester, Brisbane, Toronto: John Willey & Sons; 1978. p. 473–7.
14. Anusavice KJ. Science of dental materials. 11st ed. Elsevier science. USA: Saunders; 2003. p. 59.
15. Gujarati D. Ekonometrika dasar. Edisi ke-4. Jakarta: Penerbit Airlangga; 1995. h. 48.