

Pengaruh Besar Sudut *Gable* dan Jarak Aktivasi pada Pegas T-loop

Seksional *Stainless Steel* dan TMA 0,016 X 0,022 inci

terhadap Besar Gaya yang Dihasilkan

Avi Laviana, drg., Sp. Ort.

Bagian Ortodonti Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran

ABSTRAK

Pemberian *gable* pada berbagai konfigurasi *loop* retraksi dimaksudkan untuk mengontrol gerakan gigi atau kelompok gigi pada tahap penutupan ruang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh besar sudut *gable* dan jarak aktivasi terhadap gaya yang dihasilkan. Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratorium murni secara *in vitro*. Penelitian menggunakan sebuah alat uji tarik yang didesain khusus dan diukur menggunakan autograph. Sampel yang diteliti adalah 50 buah pegas T-loop seksional (25 pegas *stainless steel* dan 25 pegas TMA) berpenampang 0,016 x 0,022 inci dengan kombinasi sudut *gable* anterior (α) dan posterior (β) 0^0-0^0 ; $7,5^0-7,5^0$; 15^0-15^0 ; $22,5^0-22,5^0$; 30^0-30^0 , masing-masing 5 buah. Pegas T-loop yang terpasang pada alat uji dipasang pada autograph lalu dilakukan penarikan masing-masing sebesar 1, 2, dan 3 mm. Hasil pengukuran dicatat, kemudian diuji menggunakan analisis statistik ANAVA, dengan desain faktorial 2 x 3 x 5 dan 5 replikasi tiap sel. Hasilnya menunjukkan bahwa besar sudut *gable* dan jarak aktivasi secara bermakna mempengaruhi besar gaya yang dihasilkan ($F_{hitung} = 14,597 > F_{tabel} = 2,02$). Besar gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop *stainless steel* berkisar antara 72,00 gF hingga 597,00 gF, sedangkan TMA berkisar antara 52,40 gF hingga 26600 gF. Berdasarkan pengukuran tersebut dapat disimpulkan bahwa besar gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop seksional *stainless steel* maupun TMA ukuran 0,016 x 0,022 inci dengan *gable* besar

menghasilkan gaya yang lebih besar dibandingkan dengan *gable* kecil, dan semakin besar jarak aktivasi maka gaya yang dihasilkan akan semakin besar.

Kata kunci : *Gable*, aktivasi, T-loop, gaya.

ABSTRACT

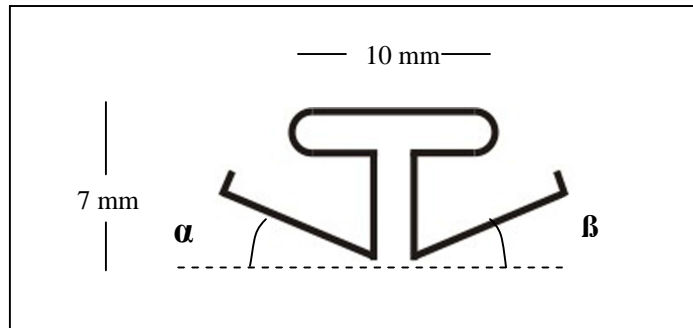
Gable application in various retraction loop configuration is aimed at controlling a tooth or a group of teeth movement in the space closure stage. The goal of this research is to discover the effect on the amount of gable angle and retraction distance toward the resulted force. The design of the research is true in-vitro laboratory experimental design. This research used a special designed retraction-testing instrument and the results were measured using autograph. The samples include 50 sectional T-loop springs, which consist of 25 stainless steel springs and 25 TMA springs with the size of 0.016 x 0.022 inch, with the combination of anterior (α) and posterior (β) angles of 0° - 0° , 7.5° - 7.5° , 15° - 15° , 22.5° - 22.5° , 30° - 30° with 5 springs in each group. The T-loop spring that had been attached to the testing instrument and the autograph was retracted for 1 mm, 2 mm and 3 mm. Afterwards, the amount of force resulted from the test was measured. The results of this research were tested using ANOVA statistic analysis with a 2 x 3 x 5 factorial designed and 5 replications for each cell. The result of the statistic analysis shows that the amount of gable angle and activation distance influence the amount of force resulted significantly ($F_{cal} = 14,597 > F_{table} = 2,02$). It is concluded from this research that the stainless steel sectional T-loop spring and TMA spring with the size of 0.016 x 0.022 inch with bigger gable angle create bigger force compared with the smaller gable angle and the farther the retraction distance the bigger the force (SS 72.00 gF – 597.00 gF; TMA 52.40 gF – 266.00 gF).

Key words: *Gable, activation, T-loop, force.*

PENDAHULUAN

Tahap penutupan ruang pencabutan merupakan tahap yang paling penting dan kritis dalam perawatan ortodonti karena posisi akhir geligi anterior, yaitu gigi kaninus dan keempat gigi insisif atas sangat menentukan fungsi, stabilitas, dan estetika pasien. Oleh karena itu, pada tahap ini sangat diperlukan penerapan prinsip biomekanika yang benar-benar konsisten.¹ Berbagai upaya telah dilakukan oleh para praktisi ortodonti dalam merancang teknik dan alat untuk meretraksi geligi anterior, salah satunya adalah teknik segmentasi yang secara konseptual memungkinkan keberhasilan perawatan melalui pengelompokkan gigi menjadi unit anterior dan posterior. Kedua unit ini kemudian dihubungkan menggunakan sebuah *loop* seksional.^{1,2} Desain *loop* yang digunakan harus mampu melakukan penutupan ruang dalam jarak yang besar, mampu menghasilkan gaya yang ringan dan mendekati konstan, nyaman untuk pasien, dan mudah untuk dibuat.³ Sampai saat ini, telah banyak desain *loop* yang dapat dipilih, namun tidak semuanya mampu mengontrol gerakan pada segmen anterior maupun posterior. Ketidakmampuan *loop* tersebut masih menjadi masalah yang terus diteliti dan dicari jawabannya oleh para ahli, antara lain melalui cara mencari konfigurasi *loop* yang sesuai baik dalam bentuk, ukuran, jenis bahan yang digunakan, letak *loop* di antara breket, dan memanfaatkan desain tambahan seperti *gable*, yaitu tekukan yang diberikan pada kaki-kaki *loop*.^{4,5} Menurut banyak ahli, T-loop merupakan salah satu desain pegas yang dinilai mampu mengatasi kekurangan tersebut dan secara efektif dapat menghasilkan pergerakan gigi yang diinginkan.

Desain yang dianjurkan berukuran lebar 10 mm, tinggi 6 hingga 7 mm bergantung pada kedalaman vestibulum, disertai *gable* dengan besar sudut bervariasi.^{5,6} Selain digunakan untuk pegas seksional di segmen anterior, T-loop juga digunakan untuk busur kontinyu.⁷



Gambar 1. Desain T-loop. Tinggi vertikal 7 mm, lebar 10 mm dengan *gable* di anterior dan posterior.⁴

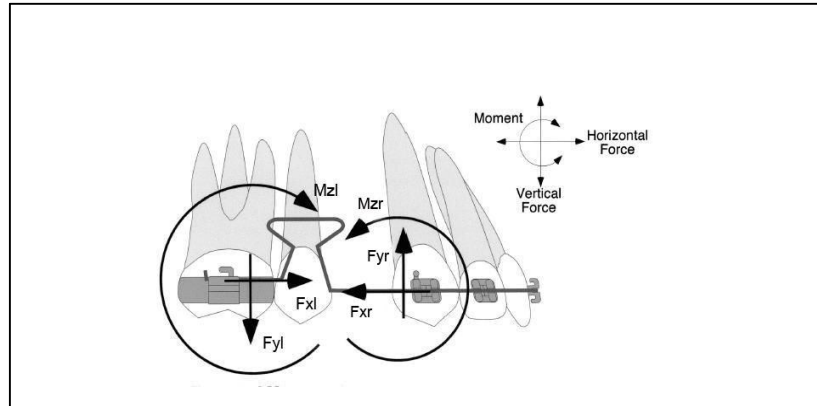
Pada umumnya, pegas T-loop dibuat menggunakan kawat *stainless steel* atau TMA. Kedua jenis kawat tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan yang menjadikannya sebagai kawat pilihan untuk kepentingan klinis di bidang ortodonti.¹⁰ *Stainless steel* merupakan bahan yang telah lama digunakan untuk keperluan alat-alat ortodonti. *Stainless steel* yang digunakan untuk membuat busur pada perawatan ortodonti mempunyai komposisi khusus, yaitu 18% chromium cobalt dan 8% nickel, oleh karena itu sering disebut 18-8 *stainless steel*. Kawat ini mempunyai sifat kaku, kekuatan tarik yang cukup besar, dan modulus elastisitas tinggi.^{3,5} Pada awal tahun 1980-an, beta titanium atau lebih dikenal dengan Titanium Molybdenum Alloy (TMA) khusus dikembangkan dan diperkenalkan di kalangan praktisi ortodonti. Kawat ini memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan *stainless steel*, namun mampu menggabungkan sifat kekuatan dengan formabilitas yang baik. Sifat ini, menjadikannya sebagai pilihan yang cukup baik sebagai bahan pegas dan busur terutama jika dibutuhkan gaya yang lebih ringan dibandingkan dengan *stainless steel*.^{3,5}

Prosedur pembengkokan kawat *stainless steel* menjadi busur, *loop*, atau koil mengakibatkan perubahan pada sifat-sifat kawat. Oleh karena itu, setelah dilakukan pembengkokan perlu dilakukan *heat treatment*, dengan tujuan untuk melepas *stress* dan mengembalikan elastisitas kawat.¹⁰ Menurut Thurow (1982), *heat treatment* dapat dilakukan menggunakan oven atau aliran listrik. Pada penggunaan di klinik, *heat treatment* lebih cepat jika menggunakan aliran listrik secara langsung, namun pemanasan menggunakan oven lebih

dianjurkan karena dapat menghasilkan suhu pemanasan yang lebih merata.⁸ Suhu dan waktu pemanasan yang dilakukan bisa bervariasi. Chen (2000), melakukan *heat treatment* pada suhu 700°F selama 11 menit.⁹ Kapila (1989) melakukannya pada suhu lebih tinggi, yaitu 750°F atau 399°C pada jangka waktu yang sama.¹⁰ Marcotte (1972) menganjurkan suhu yang lebih rendah yaitu 650°F hingga 750°F untuk jangka waktu yang sama¹¹ Pendapat lain dikemukakan oleh Thurow (1982), yang menganjurkan pemanasan pada suhu 800°F atau 425°C selama beberapa menit, juga pada suhu 400°F – 700°F atau 200°– 350°C dalam jangka waktu yang lebih lama.⁸ Teknik dan suhu pemanasan yang akan digunakan dapat ditentukan berdasarkan faktor kepraktisan di klinik¹²

Posisi *loop* di antara breket penting pula untuk diperhatikan. Efek dari posisi *loop* terhadap gigi secara individual maupun berkelompok dapat diketahui dengan mempelajari gaya-gaya yang timbul pada saat *loop* dalam keadaan aktif. Jika *loop* berada di tengah bentangan kawat, aktivasi akan menimbulkan momen yang sama besar namun berlawanan arah pada kedua sisi, sehingga akan terjadi pergerakan gigi secara resiprokal. Sebaliknya, penempatan *loop* yang tidak simetris akan menghasilkan momen yang tidak seimbang. Momen terbesar akan timbul pada gigi yang letaknya paling dekat dengan *loop*, sementara momen yang lebih kecil terjadi pada sisi yang lebih jauh dari *loop*.³

Sistem gaya yang terjadi pada saat pegas T-loop digunakan untuk menutup ruang pencabutan secara umum lebih mudah untuk dipelajari dalam dua dimensi. *Gable* akan menghasilkan efek intrusi yang jika diproyeksikan terhadap sumbu y adalah gaya vertikal, sedangkan gaya tarik atau gaya mesiodistal jika diproyeksikan terhadap sumbu x adalah gaya horizontal, dan resultan gaya dapat diketahui melalui perhitungan trigonometri atau melalui pengukuran. Berdasarkan penjumlahan gaya sebagai vektor, bila salah satu gaya baik gaya vertikal maupun horizontal atau keduanya bertambah besar, maka gaya resultan akan semakin besar.^{3,13}



Gambar 2 Komponen gaya pada aktivasi pegas akan terjadi dalam tiga dimensi, yaitu sumbu x, y, dan z, meliputi : momen alfa anterior atau kanan (Mzr), momen beta posterior atau kiri (Mzl), gaya horizontal anterior (Fxr), gaya horizontal posterior (Fxl), dan gaya vertikal anterior (Fyr), gaya vertikal posterior (Fyl). Namun system gaya yang terjadi akan lebih mudah dipelajari jika dibatasi dalam dua dimensi (Braun, 2002).¹⁴

Agar perawatan di klinik menjadi lebih terkontrol, maka penting bagi setiap praktisi ortodonti untuk memperkirakan terlebih dahulu berapa nilai gaya yang akan dihasilkan jika pegas retraksi T-loop diaktivasi. Untuk itu, setiap praktisi harus menentukan bagaimana desain T-loop dan pada jarak aktivasi berapa pegas tersebut dapat menghasilkan gaya optimum.²

Berdasarkan latar belakang di atas maka dirumuskan masalah apakah terdapat perbedaan besar gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop seksional *stainless steel* dan TMA ukuran 0,016 x 0,022 inci bila diberi *gable* dengan besar sudut yang berbeda, yaitu $0^{\circ}-0^{\circ}$; $7,5^{\circ}-7,5^{\circ}$; $15^{\circ}-15^{\circ}$; $22,5^{\circ}-22,5^{\circ}$; $30^{\circ}-30^{\circ}$, dan masing-masing diaktivasi dengan jarak 1, 2, dan 3 mm.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar gaya yang dihasilkan oleh pegas retraksi T-loop seksional yang terbuat dari bahan *stainless steel* dan TMA berukuran 0,016 x 0,022 inci apabila diberi *gable* dengan besar sudut berbeda yaitu $0^{\circ}-0^{\circ}$; $7,5^{\circ}-7,5^{\circ}$; $15^{\circ}-15^{\circ}$; $22,5^{\circ}-22,5^{\circ}$; $30^{\circ}-30^{\circ}$, dan masing-masing diaktivasi dengan jarak 1, 2, dan 3 mm.

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas maka dapat dikemukakan hipotesis bahwa terdapat perbedaan besar gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop seksional *stainless steel* dan TMA ukuran 0,016 x 0,022 inci dengan besar sudut *gable* 0^0-0^0 ; $7,5^0-7,5^0$; 15^0-15^0 ; $22,5^0-22,5^0$; 30^0-30^0 , yang masing-masing diaktivasi dengan jarak 1, 2, dan 3 mm.

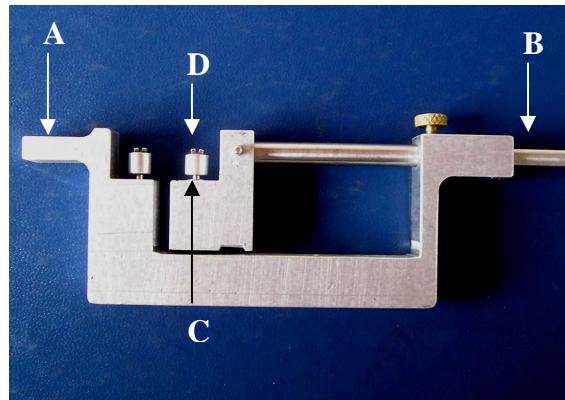
BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis-1 Ortodonti Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran Bandung. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Kimia Murni Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung. Waktu Penelitian dimulai sejak bulan Desember 2004 hingga Juni 2005.

Penelitian ini menggunakan alat uji yang dirancang dan dibuat sesuai kebutuhan oleh Laboratorium Kimia Murni ITB dan Laboratorium Fisika Teknik LIPI, terbuat dari bahan aluminium yang terdiri dari: bagian yang statis, batang penarik yang dapat digerakkan, dudukan breket yang dapat berputar, dan breket standar *edgewise* ukuran slot 0,018 inci.

Bahan penelitian adalah 50 buah pegas T-loop seksional, terdiri dari 25 pegas *stainless steel* dan 25 pegas TMA berpenampang 0,016 x 0,022 inci dengan tinggi 7 mm, lebar 10 mm, dan panjang 18 mm, dengan kombinasi sudut anterior (α) dan posterior (β) adalah 0^0-0^0 ; $7,5^0-7,5^0$; 15^0-15^0 ; $22,5^0-22,5^0$; 30^0-30^0 , masing-masing 5 buah. Seluruh pegas dikalibrasi menggunakan *template* dan diperiksa kesejajarannya menggunakan *glass slab*. Pada 25 T-loop yang terbuat dari *stainless steel* dilakukan *heat treatment* selama 15 menit menggunakan oven yang telah dipanaskan dan dipertahankan pada suhu 450^0 F.⁸ Selanjutnya pegas diperiksa dan disesuaikan kembali bentuk dan kesejajarannya menggunakan *template* dan *glass slab*. Pegas dipasang pada alat uji, diikat pada breket menggunakan *ligature wire*. Alat uji dipasang pada Universal Strength Tester Shimadzu Corporation Autograph. Jarak pada autograph diatur pada angka 0 (nol). Dilakukan penarikan sebesar 1mm, 2mm, dan 3 mm. Besar gaya

dicatat dengan satuan gF. Kemudian dilakukan uji statistik menggunakan ANAVA, yaitu untuk menguji data dengan Desain Faktorial $2 \times 3 \times 5$ dan 5 replikasi tiap sel.



Gambar 3 Alat uji gaya yang digunakan dalam penelitian (LIPI, 2005). Tampak samping : a) bagian yang statis, b) batang penarik, c) dudukan breket, d) breket.

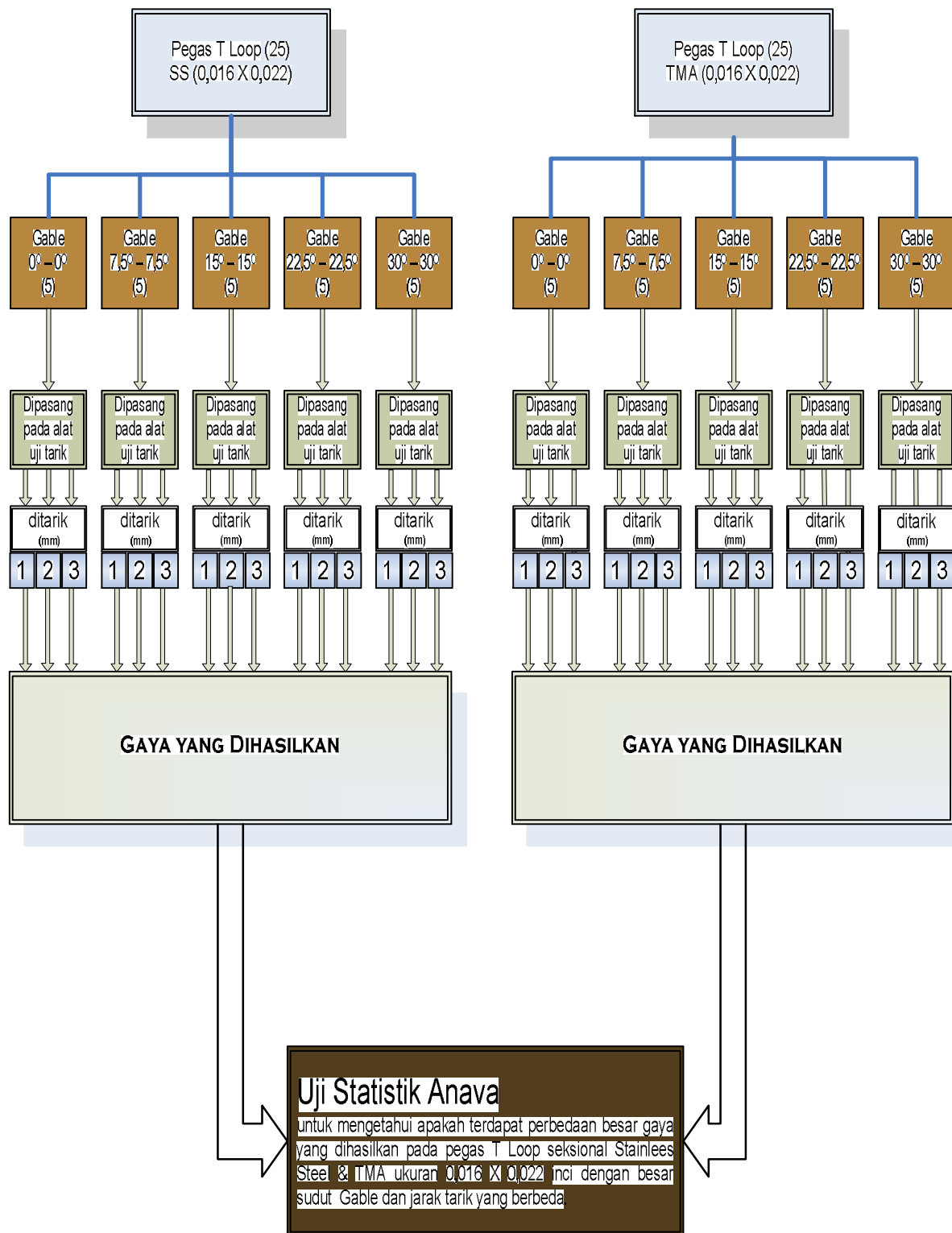


Gambar 4 Pegas T-loop yang akan diuji dipasang pada alat uji gaya. (LIPI, 2005)



Gambar 5 Alat uji dipasang pada Autograph. (Lab. Kimia Murni F. MIPA ITB, 2005).

ALUR JALANNYA PENELITIAN



HASIL PENELITIAN

Nilai rata-rata hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Nilai rata-rata dari gaya yang dihasilkan oleh T-Loop seksional *stainless steel* 0,016 x 0,022 inci berdasarkan variasi besar sudut *gable* dan jarak aktivasi (gF)

	<i>Gable</i> ($\alpha^0 - \beta^0$)	Jarak Tarik (mm)	Gaya rata-rata (gF)	SD
SS1	0 ⁰ -0 ⁰	1	72,00	20,80
SS2		2	162,00	30,94
SS3		3	267,00	43,10
SS4	7,5 ⁰ -7,5 ⁰	1	103,00	10,37
SS5		2	227,00	20,80
SS6		3	372,00	25,64
SS7	15 ⁰ -15 ⁰	1	127,00	10,95
SS8		2	277,00	18,57
SS9		3	456,00	25,84
SS10	22,5 ⁰ -22,5 ⁰	1	150,00	3,54
SS11		2	319,00	8,22
SS12		3	503,00	11,51
SS13	30 ⁰ -30 ⁰	1	202,00	35,99
SS14		2	389,00	43,50
SS15		3	597,00	54,84

Keterangan : SS1 s.d. SS15 adalah nilai rata-rata gaya yang dihasilkan pegas retraksi T-loop seksional *stainless steel*, berdasarkan besar sudut *gable* dan jarak aktivasi yang berbeda.

Tabel 2 Nilai rata-rata dari gaya yang dihasilkan oleh T-loop seksional TMA 0,016 x 0,022 inci berdasarkan variasi besar sudut *gable* dan jarak aktivasi (gF)

	<i>Gable</i> ($\alpha^0 - \beta^0$)	Jarak Aktivasi (mm)	Gaya rata-rata (gF)	SD
TMA1	0 ⁰ -0 ⁰	1	52,40	17,62
TMA2		2	94,00	11,05
TMA3		3	149,20	14,20
TMA4	7,5 ⁰ -7,5 ⁰	1	53,40	9,96
TMA5		2	110,40	18,04
TMA6		3	173,80	27,00
TMA7	15 ⁰ -15 ⁰	1	66,20	8,07
TMA8		2	133,60	11,59
TMA9		3	204,00	17,51
TMA10	22,5 ⁰ -22,5 ⁰	1	78,00	5,66
TMA11		2	163,80	8,04
TMA12		3	244,60	8,82
TMA13	30 ⁰ -30 ⁰	1	102,20	25,24
TMA14		2	190,60	21,66
TMA15		3	266,00	20,54

Keterangan : TMA1 s.d. TMA15 adalah nilai rata-rata gaya yang dihasilkan pegas retraksi T-loop seksional TMA, berdasarkan besar sudut *gable* dan jarak aktivasi yang berbeda.

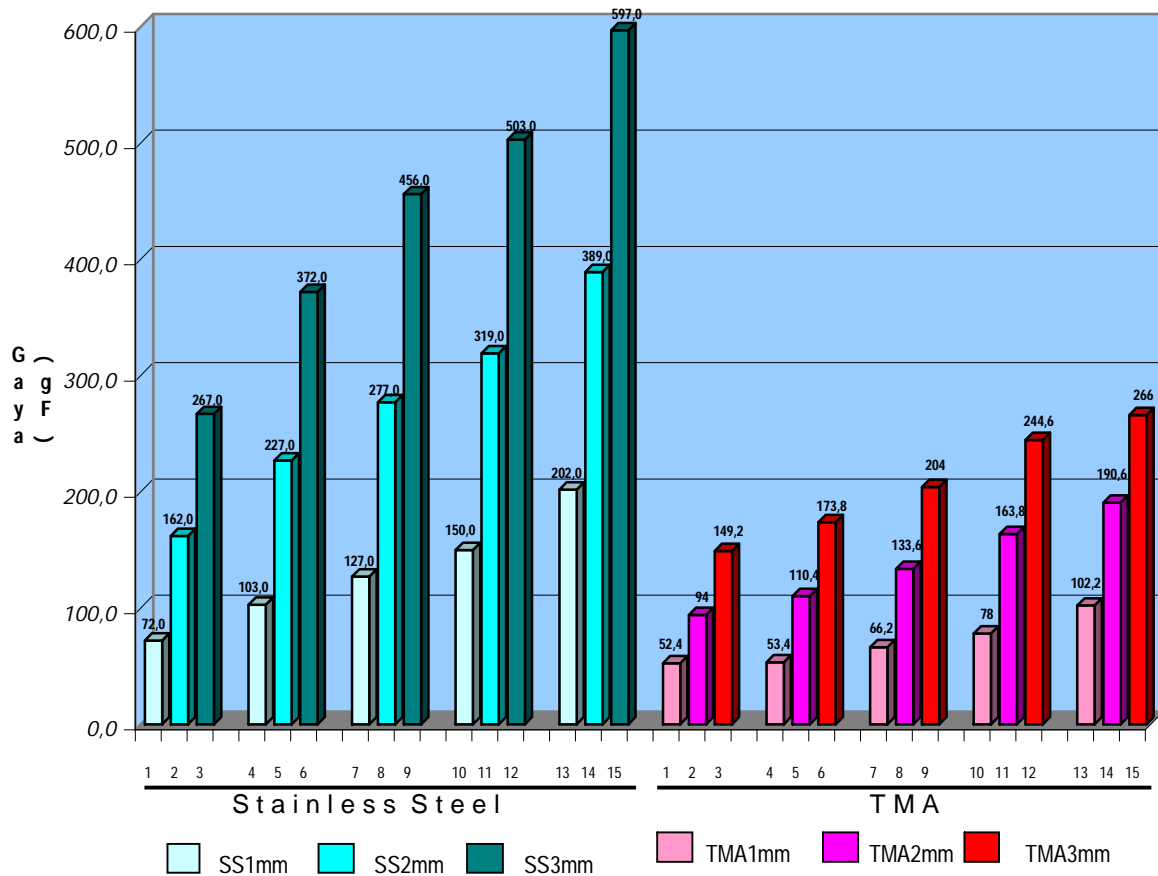
Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata gaya yang dihasilkan oleh pegas retraksi T-loop seksional *stainless steel*, dengan besar sudut *gable* dan jarak aktivasi yang berbeda-beda. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa gaya terkecil yaitu 72,00 gF dihasilkan oleh T-loop dengan *gable* 0⁰-0⁰ jika pegas diaktivasi sejauh 1 mm. Gaya terbesar yaitu 597,00 gF akan diperoleh jika *gable* dibuat sebesar 30⁰-30⁰ dengan jarak aktivasi 3 mm. Hasil rata-rata nilai gaya pada tabel 1 juga menunjukkan bahwa semakin besar sudut *gable* dan jarak aktivasi maka gaya yang dihasilkan akan semakin besar. Pada jarak aktivasi yang sama, semakin besar

sudut *gable* dibuat maka gaya yang dihasilkan akan semakin besar. Pada kelompok *gable* dengan sudut 0^0-0^0 , secara keseluruhan gaya yang dihasilkan adalah yang terkecil jika dibandingkan dengan gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop dengan sudut *gable* yang lebih besar, sementara pada *gable* 30^0-30^0 secara keseluruhan gaya yang dihasilkan merupakan yang terbesar. Pada masing-masing kelompok berdasarkan besar sudut *gable* yang sama, jika jarak aktivasi meningkat mulai dari 1 hingga 3 mm, maka gaya yang dihasilkan akan semakin besar. Pada kelima kelompok tersebut, jarak aktivasi 1 mm merupakan jarak yang menghasilkan gaya terkecil, kemudian pada jarak aktivasi 2 mm gaya yang dihasilkan meningkat, sementara aktivasi pada jarak 3 mm selalu menghasilkan gaya terbesar.

Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata gaya yang dihasilkan oleh pegas retraksi T-loop seksional TMA, dengan besar sudut *gable* dan jarak aktivasi berlainan. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa gaya terkecil dihasilkan oleh pegas retraksi T-loop seksional TMA, dengan *gable* 0^0-0^0 dan pada jarak aktivasi 1 mm, yaitu sebesar 52,40 gF. Semakin besar sudut *gable* dan jarak aktivasi maka gaya yang dihasilkan semakin besar. Gaya terbesar dihasilkan oleh pegas retraksi T-loop seksional TMA, dengan *gable* 30^0-30^0 pada jarak aktivasi 3 mm, yaitu sebesar 266,00 gF. Gaya yang dihasilkan oleh pegas *stainless steel* secara keseluruhan lebih besar jika dibandingkan dengan gaya yang dihasilkan oleh pegas TMA. Pada pegas T-loop dengan besar sudut *gable* dan jarak aktivasi yang sama, gaya yang dihasilkan oleh pegas *stainless steel* selalu lebih besar jika dibandingkan dengan gaya yang dihasilkan oleh pegas TMA.

Untuk memperjelas gambaran nilai rata-rata pengukuran gaya yang dihasilkan oleh pegas retraksi T-loop *stainless steel* maupun TMA 0,016 x 0,022 inci, dengan variasi besar sudut *gable* dan jarak aktivasi dapat dilihat pada grafik 1.

Grafik 1 Nilai Rata-Rata Besar Gaya yang Dihasilkan oleh Pegas T-loop Seksional *stainless steel* dan TMA dengan Variasi Besar Sudut *Gable* dan Jarak Aktivasi (gF)



PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan suatu penelitian eksperimental murni yang dilakukan di laboratorium secara *in vitro* untuk mengukur besar gaya yang dihasilkan oleh pegas retraksi T-loop seksional *stainless steel* dan TMA berdiameter 0,016 x 0,022 inci. Pada kedua kaki T-loop diberi *gable* dengan besar sudut yang berbeda-beda yaitu untuk anterior (α) dan posterior (β) : $0^{\circ}-0^{\circ}$; $7,5^{\circ}-7,5^{\circ}$; $15^{\circ}-15^{\circ}$; $22,5^{\circ}-22,5^{\circ}$; $30^{\circ}-30^{\circ}$ kemudian masing-masing ditarik dengan jarak yang berbeda yaitu 1 mm, 2 mm, dan 3 mm, mewakili jarak aktivasi yang umum dilakukan di klinik. Dari hasil penelitian dapat diketahui besar sudut *gable* dan jarak tarik yang menghasilkan gaya optimum. Berdasarkan penelitian, hasil yang diperoleh untuk pegas T-loop *stainless steel* berkisar antara 72,00 gF (SS1) hingga 597,00 gF (SS15), dan untuk

pegas T-loop TMA berkisar antara 52,40 gF (TMA1) hingga 266,00 gF (TMA15). Hasil penelitian tersebut tidak seluruhnya memenuhi syarat sebagai gaya optimum, oleh karena itu praktisi ortodonti dapat memilih besar gaya yang sesuai dengan keadaan setiap pasien, baik jenis gerakan, jumlah gigi, maupun luas permukaan akar gigi yang akan diretraksi.¹⁵

Proffit (2000) menyatakan bahwa gaya optimum per gigi untuk menghasilkan gerakan translasi adalah 70 – 120 gF.⁵ Berdasarkan hasil penelitian, gaya optimum akan diperoleh jika pada masing-masing pegas T-loop *stainless steel* 0,016 x 0,022 inci seksional regio kiri maupun kanan diberi *gable* dengan besar sudut 0^0-0^0 ; atau $7,5^0-7,5^0$ dengan jarak aktivasi 2 mm; sementara jika *gable* dibuat dengan besar sudut 15^0-15^0 ; $22,5^0-22,5^0$ atau 30^0-30^0 , gaya optimum dapat dicapai jika pegas diaktivasi sebesar 1 mm. Sedangkan jika digunakan pegas T-loop TMA seksional 0,016 x 0,022 inci, gaya optimum akan dicapai dengan *gable* 0^0-0^0 ; $7,5^0-7,5^0$; atau 15^0-15^0 dengan jarak aktivasi 3 mm, sedangkan *gable* sebesar $22,5^0-22,5^0$ akan menghasilkan gaya optimum jika diaktivasi sebesar 2 hingga 3 mm, sementara *gable* 30^0-30^0 akan menghasilkan gaya optimum jika jarak aktivasinya 2 mm. Hasil penelitian ini sesuai dengan Proffit (2000), ia menganjurkan untuk memberi *gable* sebesar 40^0-45^0 yang terbagi sama besar pada kedua kaki *loop* atau masing-masing $20^0-22,5^0$.⁵ Berdasarkan penelitian pada pegas TMA, ternyata *gable* sebesar 20^0 hingga 30^0 dapat menghasilkan gaya optimum, hal ini sesuai dengan besar *gable* yang dianjurkan oleh Nanda (2005), yang menganjurkan *gable* dibuat bervariasi antara 40^0 , 30^0 , atau 20^0 pada setiap kaki *loop* untuk memperoleh berbagai efek penjangkaran.³

Penelitian ini memerlukan pemikiran, perencanaan, dan persiapan yang cukup rumit agar keadaannya mendekati keadaan sesungguhnya. Namun seperti yang dinyatakan oleh Tanne K. (1988), pada penelitian ini pun pengamatan hanya dapat dilakukan dalam dua dimensi karena apa yang terjadi di dalam mulut tidak memungkinkan untuk disimulasikan seluruhnya pada alat yang dirancang untuk penelitian di laboratorium secara *in vitro*.¹³

Pembatasan antara lain bertujuan agar efek terhadap gaya yang dihasilkan benar-benar hanya dari pengaruh perbedaan besar sudut *gable* atau jarak tarik saja, namun konsekuensinya adalah bahwa gaya yang muncul dalam arah transversal tidak teramati, sehingga untuk penggunaan secara klinis harus dilakukan penyesuaian.

Masalah lain yang mungkin mempengaruhi hasil penelitian adalah kesulitan dalam membuat pegas T-loop agar memiliki ukuran, bentuk, maupun sudut *gable* yang benar-benar sesuai dengan *template* dan seragam untuk setiap kelompok. Faktor kesalahan manusia sangat sulit untuk dikendalikan, karena tahap-tahap pembengkokkan kawat dilakukan menggunakan tangan.

Menurut Braun (2002), yang telah melakukan penelitian mengenai *gable* pada *loop* vertikal, penambahan *gable* akan mempengaruhi gaya dalam arah mesiodistal. Ia juga menyatakan bahwa *gable* mungkin akan menghasilkan efek yang sama jika diberikan pada pegas jenis lain.¹⁴ Chen (2000) melalui penelitiannya menyatakan bahwa jika *loop* diaktivasi berarti gaya horizontal akan semakin besar, hal ini tentu saja berdampak pada gaya resultan yang merupakan hasil penjumlahan komponen vertikal dan horizontal.⁹ Pernyataan Braun (2002) dan Chen (2000) sesuai dengan pernyataan Nanda (2005) mengenai penjumlahan gaya sebagai vektor. Berdasarkan hasil pengukuran pada penelitian ini, ternyata semakin besar jarak tarik atau jarak aktivasi maka gaya resultan yang dihasilkan oleh pegas berdasarkan pengukuran semakin besar, dan semakin besar sudut *gable* maka gaya resultan juga semakin besar.^{3,9,14}

Setelah hasil penelitian dilakukan uji statistik untuk pembuktian hipotesis, maka :

Hipotesis : Terdapat perbedaan besar gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop seksional *stainless steel* dan TMA ukuran 0,016 x 0,022 inci dengan besar sudut *gable* 0° – 0° ; $7,5^{\circ}$ – $7,5^{\circ}$; 15° – 15° ; $22,5^{\circ}$ – $22,5^{\circ}$; 30° – 30° , yang masing-masing ditarik dengan jarak 1, 2, dan 3 mm.

Penunjang : Uji statistik Tabel ANAVA desain faktorial 2 x 3 x 5 dengan $F_{hitung} = 14,597 > F_{tabel} = 2,02$ artinya terdapat perbedaan bermakna antara gaya yang dihasilkan oleh T-loop dengan besar sudut *gable* yang berbeda (α dan β : 0^0-0^0 ; $7,5^0-7,5^0$; 15^0-15^0 ; $22,5^0-22,5^0$; 30^0-30^0), yang masing-masing ditarik dengan jarak yang berbeda (1, 2, dan 3 mm).

Kesimpulan : Hipotesis diterima.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pengujian data hasil penelitian dengan menggunakan ANAVA dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Terdapat perbedaan yang bermakna antara gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop seksional *stainless steel* dan TMA ukuran 0,016 x 0,022 inci dengan besar sudut *gable* yang berbeda-beda, yang masing-masing diaktivasi dengan jarak yang berbeda.
- 2) Pada penggunaan pegas T-loop seksional *stainless steel* maupun TMA ukuran 0,016 x 0,022 inci, semakin besar sudut *gable* dibuat maka gaya yang dihasilkan akan semakin besar dan semakin besar jarak aktivasi maka gaya yang dihasilkan semakin besar.
- 3) Pada penelitian ini, besar gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop seksional *stainless steel* 0,016 x 0,022 inci berkisar antara 72,00 gF (SS1) hingga 597,00 gF (SS15), dan besar gaya yang dihasilkan oleh pegas T-loop seksional TMA 0,016 x 0,022 inci berkisar antara 52,40 gF (TMA1) hingga 266,00 gF (TMA15).
- 4) Berdasarkan penelitian secara laboratoris terhadap pegas retraksi T-loop seksional dengan posisi sentral dari bahan *stainless steel* dan TMA berukuran 0,016 x 0,022 inci dengan *gable* anterior (α) dan posterior (β) sebesar 0^0-0^0 ; $7,5^0-7,5^0$; 15^0-15^0 ; $22,5^0-22,5^0$; 30^0-30^0 dan masing-masing dilakukan aktivasi dengan jarak 1, 2, dan 3 mm, diperoleh

kombinasi bahan, besar sudut *gable*, dan jarak aktivasi yang dapat menghasilkan gaya optimum yang sangat diperlukan bagi retraksi keempat geligi anterior.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gjessing, Poul. Controlled Retraction of Maxillary Incisors. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1992, 101(2): 120-31.
2. Burstone C., Steenbergen H. *Modern Edgewise Mechanics and Segmented Arch Technique*. California : Ormco Corporation. 1995: 50-63.
3. Nanda R. *Biomechanics and Esthetic Strategies in Clinical Orthodontics*. Philadelphia : Elsevier Saunders. 2005: 1-37, 194-210.
4. Kuhlberg A., Burstone C. T-loop Position and Anchorage Control. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1997, 112(1): 12-18.
5. Proffit W. *Contemporary Orthodontics*. 3rd ed. St. Louis : Mosby Inc. 2000.: 340-52.
6. Nanda R. *Biomechanics in Clinical Orthodontic*. Philadelphia : W. B. Saunders Company. 1997: 156-87.
7. Marcotte MR. *Biomechanics in Orthodontics*. Philadeldhia : Decker Inc. 1990: 39.
8. Thurow R. *Edgewise Orthodontic*. St. Louis : The Mosby Company. 1982: 26-38, 42-66.
9. Chen J., Markham DL., Katona TR. Effect of T-Loop Geometry on It's Forces and Moments. *The Angle Orthodontist*. 2000, 70(1): 48-51.
10. Kapila. Mechanical Properties and Clinical Applications of Orthodontic Wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1989, 96(2): 100-9.
11. Lane D., Nikolai R. Effect of Stress Relief on Mechanical Properties of Orthodontic Wire Loops. *The Angle Orthodontist*. 1980, 50(2): 139-45.

12. Marcotte MR. Optimal Time and Temperature for Maximum Moment and Springback and Residual Stress Relief of Stainless Steel Wire. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1972, 62(6): 634.
13. Tanne K., Koenig HA., Burstone C. Moment to Ratios and The Center of Rotation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1988, 94(5): 426-31.
14. Braun S., Garcia J. The Gable Bend Revisited. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2002, 122(5): 523-7.
15. Williams JK. et al. *Fixed Orthodontic Appliance*. Jordan Hill: Butterworth-Heinemann Ltd. 1996: 7-13.