

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Berbagai penelitian tentang pegas daun media *quenching* dengan proses *hardening* sudah banyak dilakukn oleh peneliti. Ada banyak tinjauan pustaka yang melandasi munculnya gagasan untuk meneliti judul yang ditulis karena adanya dorongan untuk mencari metode baru dan pembahasan baru sehingga dapat membantu dalam penyusunan laporan akhir ini. Ada banyak jurnal penelitian yang mengangkat tentang materi ini yang disajikan.

Penelitian yang dilakukan oleh Mersilia, (2016) Pengaruh *Heat Treatment* dengan Variasi Media *Quenching* Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun Aisi 6135. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media *quenching* 100% air garam dan campuran 50% air gram : 50% oli terhadap nilai kekerasan dan mengetahui pengaruh suhu tempering terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja. Hasil uji kekerasan sampel *raw material* sebesar 42,27 HRc, sampel dengan media *quenching* 100% air garam sebesar 34,27% HRc, dan sampel dengan media *quenching* campuran 50% air garam : 50% oli sebesar 38,27 HRc. Hasil struktur mikro pada sampel *raw material* menunjukkan fasa *ferit* dan *perlit*. Sampel hasil *quench-temper* memakai media *quenching* 100% air garam terbentuk fasa *ferit*, *austenit* residu dan *martensit temper* yang lebih kedap dan menyebar merata dibandingkan sampel hasil media *quenching* campuran 50% air garam : 50% oli, sehingga nilai kekerasan menurun.

Penelitian yang dilakukan Supriyadi, (2016) mengenai pengaruh *heat treatment* dengan variasi media *quenching* SAE 10, DOP, dan air soda *ash* terhadap kekerasan dan struktur mikro pada baja DIN 1.2316. Proses pemanasan dilakukan pada temperatur 800°C dengan waktu tahan selama 30 menit, lalu proses *quenching* dengan variasi media pendingin oli SAE 10, DOP, air soda *ash*. Hasil uji kekerasan benda uji *raw material* 352,7 HV, benda uji menggunakan media *quenching* oli SAE 10 269,7 HV, benda uji menggunakan media *quenching* DOP 330,3 HV, dan

benda uji dengan media *quenching* air soda ash sebesar 279,1 HV. Hasil struktur mikro setelah dilakukan pengujian menggunakan *scanning electron mikroskop* (SEM), pada suhu *heat treatment* 800°C tidak terdapat perubahan fasa pada benda uji.

Penelitian yang dilakukan oleh Awliya, (2017) Proses pengerasan pegas daun bekas kandungan karbon 0,61 % untuk pembuatan bahan pisau dilakukan pada temperatur *austenisasi* 850°C, penahanan selama 60 menit, kemudian dilakukan proses *quenching* menggunakan media oli. Spesimen yang sudah dilakukan pengerasan dilanjutkan proses *tempering* dalam temperatur 160°C. Masing-masing diberi penahanan selama 50 menit, 70 menit, & 90 menit lalu dilakukan pendinginan udara. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian kekerasan dan pengujian impak. Hasil pengujian memberitahuakn bahwa nilai kekerasan semakin menurun seiring bertambahnya saat *tempering*, yaitu 49,2 HRC, 47,4 HRC, 46,42 HRC. Sedangkan *impact strength* semakin semakin tinggi seiring bertambahnya saat *tempering*, yaitu 0,00479 kgm/mm<sup>2</sup> , 0,00565 kgm/mm<sup>2</sup> , dan 0,00686 kgm/mm<sup>2</sup>.

Penelitian yang dilakukan oleh Thuritomo, (2016) merupakan penelitian eksperimental. Bahan pisau yang terbuat berdasarkan baja karbon menengah, diberikan perlakuan hardening dalam temperatur 800°C dan *holding time* saat pemanasan selama 30 menit. Kemudian dilakukan pendinginan menggunakan media pendingin yang tidak sama yaitu air, air garam, oli dan udara. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan *micro vickers*. Hasil analisa data memberitahuakn bahwa pisau yang memakai media pendingin air hasil nilai rata-rata kekerasan 652,64 HV, pisau yang memakai media pendingin air garam rata-rata nilai kekerasannya 836,56 HV, pisau yang memakai media pendingin oli memiliki nilai rata-rata kekerasan 600 HV dan pisau yang memakai media pendingin udara mempunyai rata-rata nilai kekerasan 335,44HV. Dari analisa data didapat kesimpulan bahwa proses pembuatan pisau menggunakan media pendingin oli adalah yang terbaik karena menghasilkan pisau dengan tingkat kekerasan yang tinggi disertai dengan tingkat keuletan yang baik sehingga tidak getas.

Penelitian yang dilakukan oleh Saputra dan Tyastomo, (2016) Dari hasil uji kekerasan *Vickers* kekerasan pada pegas daun baja dikaitkan dengan peningkatan kekerasan, pada kondisi pegas daun normal baja tanpa baja. Kekerasan perlakuan panas diperoleh harga rata-rata 325 HRC, pada kondisi baja pegas daun dengan perlakuan panas pada suhu 800 ° C dengan minyak pendingin diperoleh harga rata-rata 380 HRC, pada kondisi baja pegas daun dengan perlakuan panas pada suhu 800 ° C dengan harga rata-rata pendingin udara diperoleh rata-rata 339 HRC, dari hasil pengujian kondisi metalografi struktur mikro pada pegas daun normal dengan tidak ada pemanasan yang masuk ke matriks pearlitic dan pada samping terdapat sulfida / pengotor yang dibentuk oleh belerang.

Penelitian yang dilakukan oleh Andrijono dan Widyastuti, (2016) Baja karbon menengah 0,4% C untuk pembuatan komponen otomotif dengan proses pemesinan diperlukan sifat keuletan dan kekerasan. Salah satu cara untuk memperbaiki kedua sifat tersebut, dilakukan dengan proses perlakuan panas proses *hardening* dan *normalizing*. Tujuan penelitian untuk mengetahui, membandingkan, menganalisa baja karbon menengah 0,45% C setelah proses *hardening* 830°C pendinginan air, oli SAE 90 dan *normalizing* 780°C pendinginan udara dengan waktu tahan 15 Menit, 30 menit, 45 menit, mengetahui dan menganalisis komposisi kimia 0,45% C dalam baja karbon. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis daktilitas baja karbon menengah 0,45% setelah *quenching* pada 830 °C, peningkatan kekerasan C dan normalisasi 780 °C, serta berkontribusi pada usaha kecil dan menengah, khususnya di bidang pemesinan pembuatan komponen otomotif. Kesimpulan proses *hardening* 830°C terbentuk fasa *martensit*, angka kekerasan lebih tinggi dibanding proses *normalizing* 780°C terbentuk fasa *ferit procutektoid* dan *perlit* halus angka kekerasan semakin menurun, sehingga sifat keuletannya semakin meningkat.

Penelitian yang dilakukan Suprayogi dkk, (2017) mengetahui pengaruh proses heat treatment dengan media pendingin oli 20w – 50w terhadap sifat mekanis rantai elevator, mengetahui pengaruh proses heat treatment dengan media pendingin air laut terhadap sifat mekanis rantai elevator. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Berdasarkan hasil penelitian, hasil analisis

varians satu arah menunjukkan bahwa uji kuat tarik F hitung adalah 2,046, lebih kecil dari F Tabel 5.14 yang berarti bahwa kuat tarik tidak memiliki perbedaan atau ketahanan yang signifikan terhadap tiga media uji. Ada kesamaan yang signifikan dalam kekuatan tarik. Dalam penggunaan tiga jenis media. Hasil uji *one way ANOVA* yang telah dilakukan mengindikasikan bahwa Fhitung uji kekerasan pada *Quenching* sebesar 16,471, lebih besar Ftabel sebesar 3,40 artinya uji kekerasan pada *Quenching* untuk ketiga. Terdapat perbedaan yang signifikan dalam jenis media atau perilaku kekerasan antara ketiga jenis penggunaan media tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Yahya, (2016) dengan *holding time* 2 jam 45 menit, dilanjutkan *quenching* dengan media pendingin air kelapa, radiator *coolant* dan kombinasi air dengan *dromus* oil, kemudian dilakukan fotomikrograf masing-masing sampel dari bahan baku dan tiga media pendingin, uji kekerasan (HRC) dan uji laju korosi dengan metode elektrokimia. Hasil yang diperoleh adalah *hardening* air kelapa memiliki nilai kekerasan rata-rata tertinggi sebesar 35,7 HRC, dan memiliki struktur mikro *martensit* yang halus, padat, dan halus, sedangkan laju korosi sampel ini paling rendah dengan nilai 5,43 mm/y. *Hardening* kombinasi *dromus* oil dan air memiliki rata-rata nilai kekerasan sebesar 9,2 HRC dengan struktur mikro martensite berukuran besar dan tidak teratur, sedangkan laju korosi spesimen ini sebesar 6,59 mm/y. Rata-rata kekerasan pendingin radiator *quenching* adalah 26,3 HRC, dengan struktur martensit kasar, dan laju korosi sampel adalah 5,68 mm/y. Kemudian sampel dengan nilai kekerasan terendah dan laju korosi tertinggi adalah bahan baku, nilai kekerasan 3 HRC, kandungan struktur mikro terutama *ferit*, dan laju korosi 7,17 mm/y. Perlu dikaji lebih lanjut kandungan air kelapa, karena memiliki laju pendinginan yang cepat dan laju korosi yang paling lambat. Mengetahui dan menganalisis pengaruh media pendingin terhadap struktur mikro, kekerasan dan laju korosi baja karbon sedang dengan media pendingin air kelapa, radiator *coolant* dan kombinasi air dengan *dromus* oil. Material penelitian adalah baja karbon sedang (kadar karbon 0,414%), dan bentuk balok adalah 30 mm × 25,4 mm × 25,4 mm. Proses pengerasan dilakukan pada suhu 840 °C.

Penelitian yang dilakukan oleh Khakimi, (2020) adalah metode eksperimen berupa variasi *hardening* Air Kelapa, Oli SAE 40, dan Air Garam dengan tiga kali

percobaan untuk tiap variasi pendingin dengan volume pendingin 1,5 L. Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil bahwa nilai uji tarik air garam sebesar 428,81 MPa, nilai tarik Minyak SAE sebesar 367,99 MPa, dan nilai tarik air kelapa sebesar 396,19 MPa. Dan nilai *impact* Air garam mendapatkan nilai *impact* 2.538 j/mm<sup>2</sup>, Oli SAE menghasilkan nilai 2.645 j/mm<sup>2</sup>, nilai yang tertinggi pada uji *impact* adalah Air kelapa dengan nilai *impact* 3.295 j/mm<sup>2</sup>. Uji kesadahan air garam menghasilkan nilai kesadahan 144,5 VHN. Minyak SAE 40 memiliki nilai kekerasan 134,6 VHN, dan air kelapa memiliki nilai kekerasan 165,7 VHN.

## 2.2. Baja

Baja banyak digunakan dalam manufaktur mekanik karena keuletan dan mudah dibentuk. Kandungan karbon yang terkandung dalam baja mempengaruhi kekerasan dan kekuatan baja serta mempengaruhi tinggi rendahnya suhu kritis Sofiyyudin, (2007).

Menurut kandungan karbonnya, baja dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

### 1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (low carbon steel) Campuran baja karbon dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur *martensit* Amanto, (1999).

### 2. Baja karbon menengah

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C (*medium carbon steel*) kekuatan baja ini dapat ditingkatkan dengan cara memberi perlakuan panas dengan cara pemanasan sampai fasa *austenit*, *quenching* dan *tempering*. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah Amanto, (1999).

### 3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C-1,5%C, dengan kekerasan tinggi, tetapi daktilitas rendah. Hampir tidak mungkin untuk mengetahui jarak antara tegangan leleh dan tegangan proporsional pada diagram tegangan-regangan. Dibandingkan dengan baja karbon rendah, perlakuan panas

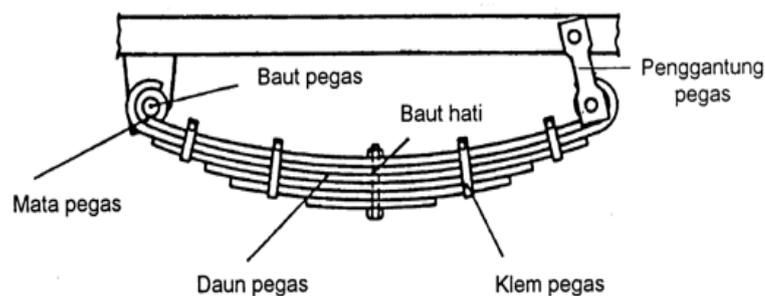
pengerasan baja karbon tinggi tidak bisa mendapatkan hasil terbaik, karena terlalu banyak martensit membuat baja rapuh.

Sifat mekanis baja juga dipengaruhi oleh cara mengadakan ikatan karbon dengan besi. Menurut Schonmetz, dalam Nanulaitta, (2011) Ada tiga bentuk kristal utama ketika karbon dan besi digabungkan, yaitu:

- a. *Ferit*, besi murni (Fe), tidak beraturan dalam bentuk dan ukuran. *Ferit* adalah bagian baja yang paling lunak, *ferit* murni memiliki kekuatan yang rendah dan tidak cocok sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban.
- b. *Perlit* adalah campuran *ferit* dan *sementit* dengan kandungan karbon 0,8%. Struktur perlit memiliki kristal ferit serpihan sementit halus, yang berdekatan satu sama lain dalam lapisan tipis.
- c. Besi karbida ( $Fe_3C$ ), senyawa antara besi dan karbon, sebagai struktur terpisah yang disebut sementit. Peningkatan kandungan karbon akan meningkatkan kandungan sementit. Sementit dalam baja adalah elemen yang paling keras.

### 2.3 Baja Pegas Daun

Pegas daun merupakan salah satu komponen yang banyak digunakan pada peralatan kendaraan bermotor. Sebagai bagian dari sistem suspensi, komponen tersebut biasanya terdiri dari beberapa plat datar yang dijepit menjadi satu untuk mendapatkan efisiensi dari daya lenting yang tinggi seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.1 Pegas Daun [17]

Tegangan pegas daun terjadi pada ujung penjepit, dan pegas daun diharapkan mengalami defleksi secara teratur ketika perlu menahan beban lunak (konstanta pegas kecil), sehingga memiliki kondisi yang cukup. Oleh karena itu, pegas daun banyak digunakan pada sistem suspensi belakang kendaraan. Saputra dan Tyastomo, (2016)

#### 2.4 Baja JIS SUP 11A

Nippon Steel, (2019) Baja SUP 11A merupakan baja berstandar JIS (*Japanese Industrial Standard*) dengan kode JIS G 4801 yang berarti baja material yang digunakan untuk pembuatan *spring steel* (pegas) dan memiliki makna yaitu, SUP yang menandakan bahwa material tersebut diproduksi oleh *Nippon Steel Corporation* yang merupakan pengolahan baja tertemuka berkantor pusat di Tokyo, Jepang pada tahun 1970. Sedangkan 11A adalah kode dari perusahaan yang menandakan bahwa material tersebut merupakan baja yang memiliki karbon 0,62% - 0,80%.

Komposisi Kimia: C = 0,62 – 0,80

Mn = 0,6 - 1

P = 0,2 - max

S = 0,2 - max

Si = 0,15 – 0,35

Cr = 0,7 - 1

Sifat Mekanik: Pengerasan Temp 830° - 860°C dengan *Quenching Oli*

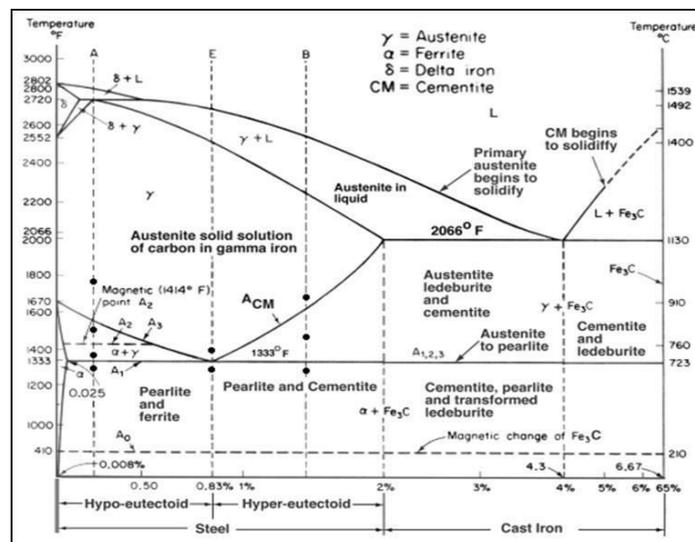
#### 2.5 Proses *Hardening*

*Hardening* adalah suatu proses perlakuan panas yang dilakukan untuk menghasilkan baja atau logam yang keras. Proses ini dilakukan pada temperatur tinggi untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan *fatigue limit*

*strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperatur pemanasan (temperatur *autenitising*), *holding time* dan laju pendinginan yang dilakukan serta seberapa tebal bagian penampang yang menjadi keras banyak tergantung pada *hardenability*. Szienna, (2013).

Langkah-langkah proses hardening adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemanasan (*heating*) bertujuan untuk mendapatkan struktur *Austenite*, dimana salah satu sifat *Austenite* adalah tidak stabil pada suhu di atas  $A_c-1$ , sehingga dapat ditentukan struktur yang diinginkan.



Gambar 2.2 Diagram Fasa Fe-C [20]

2. Penahanan suhu (*holding time*) dilakukan untuk mendapatkan *austenite* secara maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening*. *Holding time* sangat dipengaruhi oleh ukuran benda.
  - a. Baja konstruksi dari baja karbon dan baja paduan rendah yang mengandung karbida yang mudah larut, diperlukan waktu penahanan yang singkat, 5 - 15 menit setelah mencapai temperatur pemanasannya dianggap sudah memadai.
  - b. Baja konstruksi dari baja paduan menengah dianjurkan menggunakan waktu penahanan 15 -25 menit, tidak tergantung ukuran benda kerja.
  - c. *Low Alloy Tool Steel* Memerlukan waktu penahanan yang tepat, agar

kekerasan yang diinginkan dapat tercapai. Dianjurkan menggunakan 0,5 menit per milimeter tebal benda, atau 10 sampai 30 menit.

- d. *High Alloy Chrome Steel* Membutuhkan waktu penahanan yang paling panjang di antara semua baja perkakas, juga tergantung pada temperatur pemanasannya. Juga diperlukan kombinasi temperatur dan waktu penahanan yang tepat. Biasanya dianjurkan menggunakan 0,5 menit per milimeter tebal benda dengan minimum 10 menit, maksimum 1 jam.
- e. *Hot-Work Tool Steel* Mengandung karbida yang sulit larut, baru akan larut pada 10000 C. Pada temperatur ini kemungkinan terjadinya pertumbuhan butir sangat besar, karena itu waktu penahanan harus dibatasi, 15 -30 menit.
- f. *High Speed Steel* Memerlukan temperatur pemanasan yang sangat tinggi, 1200 - 13000C. Untuk mencegah terjadinya pertumbuhan butir waktu penahanan diambil hanya beberapa menit saja. Beumer, Bj.M., (1985)

## 2.6 Quenching

*Quenching* merupakan proses pengerjaan logam dengan pendinginan secara cepat. Sehingga melalui *quenching* akan mencegah adanya proses yang dapat terjadi pada pendinginan lambat seperti pertumbuhan butir. Secara umum, *quenching* akan menyebabkan menurunnya ukuran butir dan dapat meningkatkan nilai kekerasan pada suatu paduan logam.

Laju *quenching* tergantung pada beberapa faktor yaitu medium, panas spesifik, panas pada penguapan, konduktivitas termal medium, viskositas, dan agitasi (aliran media pendingin). Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli, sedangkan pendingin dengan udara memiliki kecepatan yang paling kecil. Pada umumnya baja yang telah mengalami proses *quenching* memiliki kekerasan yang tinggi serta dapat mencapai kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh.

Dengan adanya sifat yang rapuh, maka harus menguranginya dengan melakukan proses lebih lanjut seperti tempering. Merupakan salah satu dari beberapa proses perlakuan panas yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan

kekerasan baja dengan cara memanaskan logam tersebut pada temperatur tertentu, biasanya antara 845 -870 C, kemudian didinginkan secara cepat pada media pendingin untuk mendapatkan struktur martensit. Pada baja – baja jenis tertentu, terdapat titik – titik laju pendinginan kritis yang dapat menghasilkan kekerasan maksimal dari transformasi struktur austenite pada suhu tinggi menjadi struktur martensit tanpa terjadi pembentukan struktur perlit atau bainit. Suprayogi.,dkk (2017).

## 2.7 Oli

Minyak atau Oli, Oli sebagai media pendingin yang lebih lunak jika dibandingkan dengan air. Digunakan pada material yang kritis, antara lain material yang mempunyai bagian tipis atau ujung yang tajam. Umumnya oli terdiri dari 90% minyak dasar (*base oil*) dan 10% zat tambahan. Pada sistem penggerakannya ketika mesin dihidupkan mesin yang bergerak akan terjadi gesekan pada logam yang akan menyebabkan pelepasan partikel dari peristiwa tersebut. Surtikanti,dkk. (2004)

## 2.8 SAE

Viskositas dan kualitas oli diklasifikasikan dengan standard SAE (*The Society of Automotive Engineers*). Huruf “W” artinya “winter” dan menjamin oli pada temperatur rendah, mudah mengalir. Sebagai contoh, dalam Multigrade SAE 15W-40, oli ini mempunyai kemampuan yang baik sampai 15° C, dan memiliki viskositas sama seperti oli SAE 40 pada temperatur 100° C. Junaidi dan Yunus, (2017)

## 2.9 Metode *Rockwell*

Metode *Rockwell* dimana kekerasan suatu bahan dinilai dari diameter atau diagonal jejak yang di hasilkan maka metode *Rockwell* merupakan uji kekerasan dengan pembacaan langsung (*directreading*).

Metode ini banyak di pakai dalam industri karena pertimbangan praktis. Metode yang paling umum dipakai adalah *Rockwell B* dengan referensi ASTM EI8 memakai indentor bola baja diameter 1/6 inchi dan beban 100 kg dan *Rockwell*

memakai indenter intan dengan beban 150 kg. Sedangkan untuk bahan lunak menggunakan penetrator yang digunakan adalah bola Baja (*Ball*) yang kemudian dikenal dengan skala B dan untuk bahan yang keras penetrator yang digunakan adalah kerucut intan (*Cone*) dengan sudut puncak 120. Pengujian kekerasan *Rockwell* didasarkan pada kedalaman masuknya penekan benda uji. Calister, (2007).

Nilai kekerasan dapat dilangsungkan dibaca setelah beban utama dihilangkan. Untuk menghitung nilai kekerasan *Rockwell* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$HR = E - e$$

Dimana: HR = Nilai kekerasan *Rockwell*,

E = konstanta tergantung pada bentuk indenter,

E = Perbedaan antara dalamnya penembusan

Tabel 2.1 Skala kekerasan *Rockwell* [20]

Skala	Indentor	Beban minor F0 (kgf)	Beban mayor F1 (kgf)	Beban total F (kgf)
A	Kerucut intan	10	50	60
B	Bola baja 1/16"	10	90	100
C	Kerucut intan	10	140	150
D	Kerucut intan	10	90	100
E	Bola baja 1/8"	10	90	100
F	Bola baja 1/16"	10	50	60
G	Bola baja 1/16"	10	140	150
H	Bola baja 1/8"	10	50	60
K	Bola baja 1/8"	10	140	150
L	Bola baja 1/4"	10	50	60
M	Bola baja 1/4"	10	90	100
P	Bola baja 1/4"	10	140	150
R	Bola baja 1/2"	10	50	60
S	Bola baja 1/2"	10	90	100
V	Bola baja 1/2"	10	140	150