

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Berbagai penelitian tentang kekasaran permukaan yang sudah pernah dilakukan oleh berbagai peneliti. Ada beberapa tinjauan pustaka yang melandasi munculnya gagasan untuk meneliti judul yang ditulis karena adanya dorongan untuk mencari material yang baru dalam penggunaan pahat proses pembubutan suatu material atau bahan sehingga dapat membantu dalam penyusunan laporan penelitian ini. Ada beberapa jurnal penelitian yang mengangkat tentang materi yang disajikan.

Penelitian ini dilakukan oleh (Apriatun, 2020) Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekerasan pada baja karbon rendah ST 37 yang mendapatkan perlakuan *pack carburizing* dengan arang tempurung kelapa. Pada penelitian ini spesimen dibagi menjadi sepuluh bagian yaitu lima spesimen dilakukan dengan perlakuan karburasi *pack carburizing* tidak dilakukan *quenching*, serta lima bagian lagi dengan perlakuan karburasi *pack carburizing* dan *hardening* dengan *quenching* menggunakan oli bekas. Media karbon yang digunakan adalah arang tempurung kelapa dengan persentase kandungan *volatile* 10,60%, karbon 76,32%, abu 13,08% dan CaCO<sub>3</sub> sebagai katalisnya. Proses *pack carburizing* dilakukan pada temperatur 9500C dengan  *Holding Time* 2 jam, 4 jam, 6 jam, 8 jam, dan 10 jam, dengan material baja karbon rendah ST 37 dengan media *quenching* oli bekas, kemudian dilakukan pengujian kekerasan untuk mengetahui berapa kekerasan pada permukaan spesimen yang telah melewati perlakuan *pack carburizing* dan *hardening*. Pada penelitian yang telah dilakukan di dapat hasil dari tabel nilai kekerasan baja karbon rendah ST 37 yang awalnya memiliki nilai kekerasan 61,041 VHN sebelum dilakukan perlakuan. Dan setelah dilakukan karburasi dengan temperatur 9500C nilai kekerasan tertinggi dengan waktu 10 jam yaitu 165,163 HVN. Dari data diatas di dapat bahwa dengan melakukan proses *pack carburizing* dan *Hardening* nilai kekerasannya lebih baik dan membuat benda uji keras. Hasil

dari grafik mendapatkan nilai kekerasan yang dilakukan dengan analisa perhitungan regresi untuk melihat hubungan antara *holding time* terhadap temperatur pada proses *pack carburizing* dan *hardening* mendapatkan hasil dari perhitungan regresi  $a =$  nilainya sebesar 65,71. Angka ini merupakan angka konstan yang mempunyai arti bahwa jika tidak ada penambahan waktu (X) maka nilai kekerasan (Y) adalah sebesar 65,71.  $b =$  nilainya sebesar 18,053. Angka ini mengandung arti bahwa setiap penambahan waktu dalam proses *pack carburizing* dan *hardening* (X), maka tingkat kekerasan (Y) akan meningkat sebesar 18,053. Dengan analisa regresi linear didapat nilai *R square* ( $R^2 = 0,8899$ ), Nilai ini mengandung arti bahwa pengaruh waktu dalam proses *pack carburizing* dan *hardening* (X) terhadap nilai kekerasan (Y) adalah sebesar 88,99% sedangkan 11,01% Error. Begitu juga dengan hasil dari grafik pada proses non perlakuan dan *pack carburizing* mendapatkan hasil perhitungan regresi  $a =$  nilainya sebesar 64,796.  $b =$  nilainya sebesar 13,47. Dengan analisa regresi linear didapat nilai *R square* ( $R^2 = 0,6789$ ), Nilai ini mengandung arti bahwa pengaruh waktu dalam proses *pack carburizing* dan *hardening* (X) terhadap nilai kekerasan (Y) adalah sebesar 52,87% sedangkan 47,13% Error.

Penelitian yang dilakukan oleh (Prasetyo dkk., 2015) Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keausan pahat potong jenis HSS terhadap kekasaran permukaan dengan material uji ST 37. Pengujian dilakukan secara berulang-ulang dengan memvariasikan jarak pemakanan, sehingga akan terlihat pada jarak keausan pahat potong yang terjadi yang kemudian dikorelasikan dengan tingkat kekasaran permukaan per pengujian yang telah dilakukan. Alat uji yang digunakan untuk pengukuran kekasaran permukaan adalah Surfetest SJ201PM. Hasil penelitian ini akan menghasilkan pada jarak berapa pahat HSS mulai terjadi keausan dan berapa nilai kekasaran permukaan yang diperoleh. Pada penelitian yang telah dilakukan di dapatkan hasil dari analisa pengujian didapat kesimpulan, dimana nilai keausan dan nilai kekasaran permukaan bertolak belakang. Karena di nilai keausan yang besar mempunyai nilai kekasaran permukaan yang kecil. Hal ini disebabkan karena sudut potong utama pahat sudah mulai membentuk radius, yang membuat kekasaran permukaan hasil pengujian menjadi lebih halus. Dibandingkan bila sudut potong utama tidak memiliki radius. Dari Analisa data yang didapat terjadi penyimpangan

antara nilai  $Ra_{empiris}$  dan  $Ra_{teoritis}$ , hal ini disebabkan karena kondisi pada saat melakukan pengujian, yaitu: suhu pada saat proses permesinan dan suhu ruangan yang tidak stabil, keausan pada pahat, kebersihan benda kerja, kondisi mesin dan pencekaman benda kerja.

Penelitian yang dilakukan oleh (Leman dkk., 2014) Penelitian ini bertujuan mengembangkan pahat alternatif dari baja karbon rendah yang dikarburising padat. Pahat dibuat dari baja karbon rendah dengan kekerasan 111,67 VHN yang dipotong dan diasah. Proses karburising dilakukan dengan variasi suhu 800, 850 dan 900°C, dan lama difusi 1, 2 dan 3 jam. Pahat langsung dicelup ke air dan minyak setelah proses difusi. Pahat dipakai membubut baja lunak Ø31,75 mm pada mesin bubut EMCO Maximat V-13 pada kecepatan potong 25 m/menit, kecepatan makan 0,112 mm/put dan kedalaman potong 1 mm. Hasil uji coba menunjukkan bahwa pahat yang dikarburising pada suhu 850°C selama 3 jam dan dicelup air memberikan kekerasan rata-rata maksimal 760,4 VHN dan umur pahat dapat mencapai 425 detik pada parameter proses karburising padat, pahat digunakan untuk membubut baja lunak ukuran Ø 31,75x600 mm. Ini berarti pahat dari baja karbon rendah yang dikarburising padat kurang ekonomis jika dikembangkan untuk produk komersial

Penelitian ini dilakukan oleh (Budi dan Dwipayana, 2020) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pembubutan benda kerja pada bahan aluminium, mengetahui perbedaan tingkat kekasaran permukaan, dan mengetahui pengaruh kecepatan. Proses pembubutan dilakukan menggunakan mesin bubut konvensional *automatic feed bench lathe BV-20* dengan benda kerja aluminium dengan ukuran diameter 35 mm dan panjang 150 mm. Hasil dari proses pembubutan dengan variasi kecepatan 210, 650, dan 2000 rpm menghasilkan nilai kekasaran permukaan pada benda kerja aluminium. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan alat surface roughness tester yang dapat langsung menunjukkan angka hasil kekasaran rata-rata ( $Ra$ ) pada masing-masing benda kerja yang dilakukan 3 kali titik pengujian pada setiap material. Berdasarkan dari hasil yang telah didapat bahwa di kedalaman makan 0,25 mm dengan kecepatan 120 rpm menghasilkan hasil pembubutan yang lebih halus dibandingkan dengan kecepatan 650 rpm, dan kecepatan 650 rpm. Pada kecepatan 210 rpm diperoleh nilai kekasaran rata-rata 0,844  $\mu m$ , sedangkan untuk

kecepatan 650 rpm nilai kekasaran  $3,579 \mu m$ , untuk kecepatan 2000 rpm nilai kekasaran permukaan material aluminium adalah  $1,222 \mu m$ . Ini berarti di kecepatan 650 rpm terdapat kekasaran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan 210 dan 2000 rpm. Dari kesimpulan di atas bahwa ada pengaruh yang berarti dengan variasi kecepatan terhadap tingkat kekasaran permukaan pada proses pembubutan dengan material aluminium.

Penelitian yang dilakukan oleh (Azib, 2017) Melakukan Penelitian Pengaruh Variasi Kecepatan Potong, Gerak Makan, Dan Kedalaman Potong Pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Keausan Pahat HSS. Pada penelitian ini dilakukan proses bubut dengan *setting* parameter-parameter pemesinan guna tercapai keausan pahat yang kecil, tanpa cairan pendingin (*dry cutting*). Proses pembubutan menggunakan mesin bubut konvensional dengan pahat bubut HSS (*high speed Steel*), material logam jenis ST 37, dan uji spesimen keausan pahat menggunakan metode *full factorial*. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui seberapa pengaruh variasi kecepatan potong (36 dan 72 m/mnt), gerak makan (0,18 dan 0,35 mm) dan kedalaman potong (0,5 dan 1,5 mm) dalam mengurangi respon keausan pahat pada proses bubut. Pengukuran keausan pahat ini menggunakan alat *Measurescope*. Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Uji hipotesis dilakukan dengan metode *full factorial* 3 faktor 2 level kemudian data hasil penelitian dianalisis dengan ANOVA pada aplikasi Minitab 16. Pada penelitian yang telah dilakukan di dapatkan hasil penelitian variasi kecepatan potong dan kedalaman potong memberikan pengaruh signifikan terhadap keausan pahat, tetapi pada variasi gerak makan tidak memiliki kontribusi secara signifikan dalam mengurangi keausan pahat. Dari data penelitian, pengaplikasian variasi kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman potong untuk mendapatkan keausan pahat yang paling kecil yaitu menggunakan kecepatan potong 36 m/menit, gerak makan 0,18 mm dan kedalaman potong 0,5 mm.

Penelitian yang dilakukan oleh (Indra dan Aryana, 2017) melakukan penelitian Analisis Terjadinya Keausan Pahat Bubut *High Speed Steel* Pada Proses Pembubutan Aluminium, Tembaga, Dan *Stainless Steel*. Pada penelitian yang telah dilakukan di dapatkan hasil dari data eksperimen yang telah dilakukan diketahui

bahwa pahat yg terbuat dari bahan *HSS* apabila dipakai membubut bahan *stainless steel* akan mengalami keausan pada bagian *nose* yang disebut *flank wear*, sedangkan jika dipakai membubut bahan aluminium (Al) dan tembaga (Cu) pahat *HSS* ini tidak mengalami keausan akan tetapi menghasilkan kekasaran permukaan yg paling bagus yaitu  $Ra=1,67\mu m$  dengan putaran mesin rendah (*low*)  $n=600$  rpm. Dengan demikian hasil eksperimen ini dapat merekomendasikan bahwa pahat dengan bahan *HSS* disarankan dipakai untuk proses *finishing* pada benda kerja berbahan *stainless steel*. Sedangkan pada bahan aluminium dan tembaga sebaiknya pahat *HSS* ini dipakai hanya untuk pembubutan dengan permukaan kasar, karena pada kedua logam yg terakhir ini pahat *HSS* ini menghasilkan kekasaran permukaan ( $Ra$ ) yg cukup tinggi baik pada putaran *low* maupun *high*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Rinaldi dan Rumendi, 2014) melakukan penelitian Analisa Perbandingan Kekerasan Permukaan, Distribusi Kekerasan, Dan Struktur Mikro Material St 37 Pada Proses Karburasi Dengan Metoda *Single Quenching* Dan *Direct Quenching*. Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil kekerasan permukaan awal baja St 37 adalah 129 HV. Setelah dilakukan proses karburasi dengan metoda *single quenching* terjadi peningkatan kekerasan menjadi 855,4 HV, sedangkan dengan metoda *direct quenching* kekerasan menjadi 801,6 HV. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, proses *pack carburizing* dengan metoda *single* dan *direct quenching* memiliki karakteristik yang hampir sama, meliputi kekerasan dan struktur mikro. Proses *pack carburizing* dengan metoda *direct quenching* lebih efektif dan efisien terhadap waktu dan biaya dengan kualitas yang sama dibandingkan dengan metoda *single quenching* terhadap fungsi kekerasan.

## 2.2 Pengertian Baja Karbon Rendah

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai *grade*-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan nikel. Dengan

memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*).

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mempunyai karbon kurang dari 0,30% sehingga memiliki sifat lunak dan juga memiliki kekuatan yang lemah dibandingkan dengan baja karbon menengah dan baja karbon tinggi akan tetapi baja karbon rendah memiliki sifat ulet dan tangguh yang sangat baik. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon yaitu kurang dari 0,30% perlu perlakuan tambahan jika ingin melakukan modifikasi material atau ingin dilakukan pengerasan material. Pada umumnya baja dengan kandungan karbon diatas 0,30% bisa langsung dikeraskan, namun untuk kandungan sebuah karbon dibawah 0,30% melalui proses penambahan karbon terlebih dahulu. Dengan sifat-sifat yang dimiliki baja karbon rendah, maka baja karbon rendah dapat dipergunakan sebagai baja-baja plat atau sirip, untuk bahan body kendaraan, untuk konstruksi bangunan jembatan, untuk dibuat sebagai baut, untuk bahan pipa.

### **2.3 Proses Karburasi**

Karburasi biasanya dilakukan pada suhu tinggi dengan bahan kimia seperti garam padat atau cair, medium gas, dll., yang dapat memasok karbon atom dalam jumlah yang cukup untuk penyerapan dan difusi ke dalam baja. Hal ini dicapai dengan memanaskan komponen dan media karburasi hingga suhu yang telah ditentukan sebelumnya, biasanya dalam kisaran 900-950 °C. Difusi karbon ke lapisan permukaan baja terjadi dalam keadaan atomnya. Selama karburasi, tiga perubahan penting terjadi. Pertama, atom karbon dibebaskan dari medium karbon. Hal ini terjadi karena dekomposisi karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan karbon atom seperti ini:  $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ . Kedua, atom karbon dari agen karburasi dipindahkan ke permukaan baja. Ketiga, karbon yang diserap oleh permukaan baja terdifusi jauh ke dalamnya. Semakin lama waktu atau semakin tinggi suhu, semakin dalam adalah difusi karbon.

Dengan Proses karburasi maka penambahan unsur karbon pada permukaan logam dengan cara mendifusi atau menyisipkan atom karbon melalui permukaan baja sehingga pada permukaan baja mengandung banyak karbon untuk dapat dikeraskan secara langsung atau *quenching*. Proses karburasi dilakukan dengan proses perlakuan panas dengan temperature pemanasan yang cukup tinggi dalam tempat atau wadah yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga atom karbon akan berdifusi atau masuk ke dalam lapisan permukaan baja dan mencapai kadar tertentu sampai kedalaman tertentu. Pada umumnya, pada proses karburasi baja karbon rendah, diikuti dengan pendinginan cepat (*quenching*) untuk meningkatkan kekerasannya sehingga atom karbonnya lebih banyak dalam permukaannya. Unsur karbon dalam proses karburasi bisa berasal dari karbon arang kayu, arang tempurung kelapa, grafit, batubara, dan lain-lain. Berdasarkan media yang digunakan, karburasi dapat dibedakan menjadi 3 cara yaitu: gas, cair, dan padat.

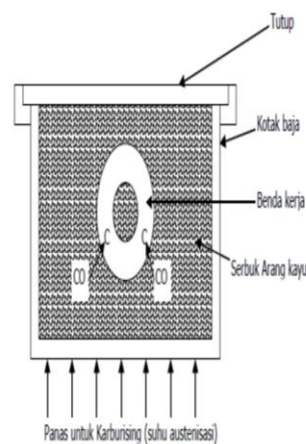
Proses *carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian inti tetap liat. Proses *carburizing* atau pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan metode padat, cair dan gas. [1]

- a. Karburasi padat (*pack carburizing*) bahan dimasukkan kotak tertutup dan ruangan diisi dengan arang kayu atau kokas ataupun bahan yang berunsur karbon. Prosesnya memerlukan waktu lama.
- b. Karburasi gas (*gas carburizing*) menggunakan gas alam atau hidro karbon maupun propan (gas karbit). Diterapkan untuk bagian - bagian yang kecil dan dapat dicelup setelah pemanasan dalam dapur
- c. Karburasi cair (*liquid carburizing*) baja dipanaskan dalam suhu tertentu dan dalam dapur yang mengandung garam *cyanide* sehingga karbon dan sedikit nitrogen dapat berdifusi kedalam lapisan luar. Kulit luar memiliki kadar karbon yang lebih tinggi dan kadar nitrogen lebih rendah. Cara ini cocok untuk pengerasan permukaan benda berukuran sedang.

#### **2.4 Pack Carburizing**

*Pack Carburizing* adalah proses karburasi atau penambahan karbon pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari bubuk

arang. Bahan karburasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu, arang kulit atau arang tulang. Benda kerja yang akan dikarburising dimasukkan ke dalam kotak karburasi yang sebelumnya sudah diisi media karburasi. Selanjutnya benda kerja ditimbuni dengan bahan karburasi dan benda kerja lain diletakkan di atasnya demikian selanjutnya. Kandungan karbon dari setiap jenis arang adalah berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Bahan karbonat ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburasi.



Gambar 2.1 Proses *Pack Carburizing* [4]

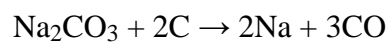
Pada suhu tinggi, baja mampu melarutkan banyak karbon, sehingga dalam waktu singkat permukaan baja dapat menyerap karbon hingga mencapai batas jenuhnya. Proses ini terdiri dari komponen dalam senyawa karburasi padat dalam kotak yang sesuai dan memanaskannya secara perlahan dalam tungku untuk mencapai suhu sekitar 900 hingga 950°C. Pada suhu ini, oksigen di udara bereaksi dengan karbon yang ada dalam senyawa karburasi untuk menghasilkan karbon monoksida. Dengan adanya besi, karbon monoksida terdisosiasi.

Atom karbon yang terbentuk berdifusi ke dalam baja dan membentuk hal yang diperlukan. Untuk menjaga agar gas yang dihasilkan oleh komponen tetap bersentuhan dengan baja, bagian-bagian dan komponen harus dikemas dalam wadah kedap gas. Karbon atom, yang dihasilkan, mudah larut dalam fase austenit baja, dan berdifusi ke dalam tubuh dari baja. Karbon dioksida yang terbentuk, selain atom karbon, bereaksi lagi dengan senyawa karburasi. Siklus reaksi ini berulang. Dalam kotak karburasi, jumlah oksigen atmosfer dapat bervariasi, dan

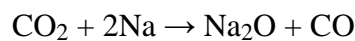


mungkin tidak cukup untuk menghasilkan gas karburasi. Oleh karena itu, dalam penelitian, barium karbonat, natrium karbonat dan kalsium karbonat ditambahkan sebagai pemberi energi.

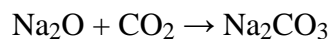
Penambahan natrium karbonat sebagai katalis pada senyawa karburasi mempercepat laju karburasi sebagai berikut. Ketika senyawa karburasi dipanaskan dan ditahan pada suhu karburasi, natrium karbonat bereaksi dengan karbon meskipun suhunya mungkin di bawah suhu minimum pada dimana disosiasi langsung menjadi natrium oksida dan karbon dioksida dapat terjadi:



Uap natrium yang dihasilkan oleh reaksi juga memberikan pengaruh penting karena afinitas yang nyata terhadap karbon dioksida:

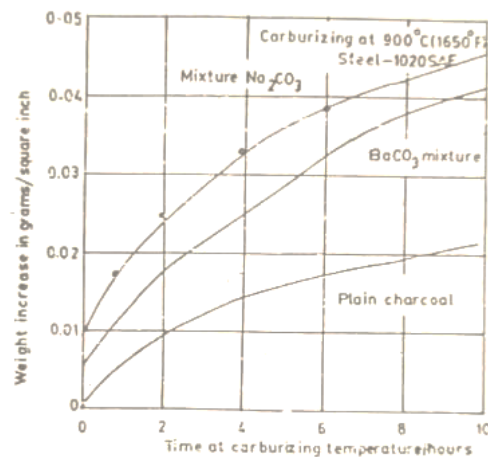


Natrium oksida yang terbentuk juga cenderung menyerap karbon dioksida karena tekanan disosiasi natrium karbonat yang rendah dalam kaitannya dengan tekanan kesetimbangan karbon dioksida pada antarmuka gas-baja



$\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang terbentuk bebas bereaksi dengan karbon. Senyawa ini adalah campuran bahan yang jika dipanaskan akan menghasilkan gas untuk memberikan karbon pada baja. Proses perpindahan karbon dari senyawa karburasi ke permukaan baja berlangsung pada kecepatan yang berbeda tergantung pada komposisi dan struktur senyawa karburasi. Senyawa biasanya terdiri dari pembawa karbon (carburiizers), energizer atau aktivator, dan agen pengikat. Karburator populer yang digunakan adalah arang aktif, batu bara, semicoke dan kokas gambut, Powdered coke dapat ditambahkan ke arang hingga sekitar 20% dari total volume. Keuntungan menggunakan senyawa berbasis kokas adalah konduktivitas panas yang lebih tinggi dan kehilangan debu yang rendah dibandingkan dengan senyawa berbasis arang murni. Energizer yang digunakan dalam senyawa karburasi terdiri dari karbonat atau campuran dari berbagai karbonat. Karbonat barium, natrium dan kalsium digunakan dalam proporsi tertentu. Barium karbonat, misalnya, biasanya disenyawakan dengan karbon dengan mencampurkan seluruh massa dengan jenis

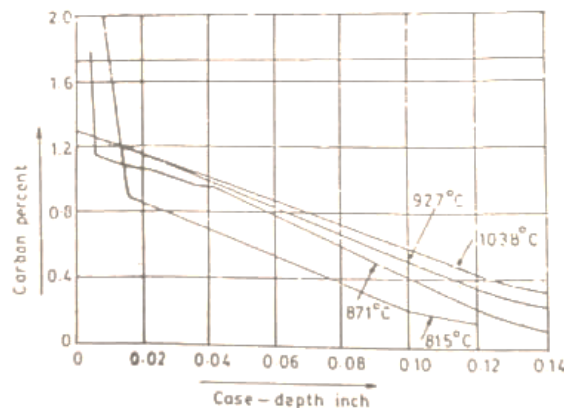
yang sesuai, sedangkan natrium karbonat dapat diterapkan pada karbon sebagai larutan berair diikuti dengan pengeringan. Senyawa yang dibuat dengan menggunakan tar atau tetes tebu sebagai energizer untuk memberi energi belakang lebih efektif.



Gambar 2.2 Aksi Katalis Karbonat dalam Karburasi Baja

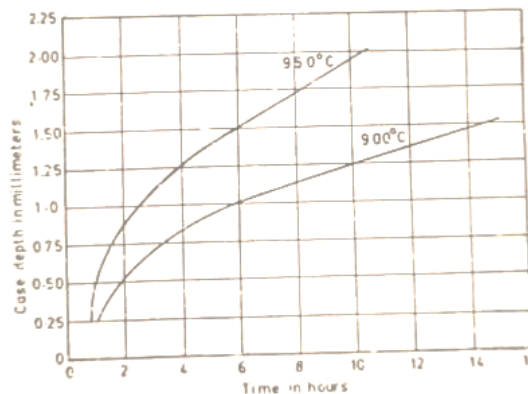
Senyawa pelet, terbuat dari bubuk arang sebagai energizer dan pengikat, lebih efektif daripada senyawa yang menggunakan potongan arang yang lebih besar. Senyawa pelet tersebut cocok untuk pendinginan langsung karena energizer dipegang erat dalam kontak dengan arang. Gambar 2.1 mengilustrasikan pengaruh berbagai energizer (karbonat) pada peningkatan kedalaman kasus. Jelas dari gambar bahwa penambahan barium karbonat sebagai katalis meningkatkan kedalaman. Kedalaman kasus yang lebih tinggi dapat diperoleh dengan penambahan natrium karbonat sebagai katalis kedua, dalam waktu karburasi yang sama. Tentu saja perlu untuk memiliki sedikit lebih banyak energizer daripada minimum absolut, karena sebagian darinya tampaknya bergabung dengan abu karbon dan hilang dengan cara itu.

Pengaruh suhu dan kedalaman kasus penetrasi karbon ke dalam komponen dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.3 Gradien Konsentrasi Karbon yang diperoleh dengan Karburasi pada Berbagai Suhu hingga Kedalaman yang Sama

Dimulai pada 750°C ketika komponen dipanaskan sampai suhu karburasi. Kenaikan suhu lebih lanjut, di atas 750°C, meningkatkan laju penetrasi karbon. Transisi mendadak dari kasus ke inti terjadi pada baja ketika suhu karburasi di bawah 880°C. Gambar 2.3 menunjukkan beberapa kurva yang menggambarkan distribusi karbon dalam baja karburasi pada suhu yang berbeda, dan durasi waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan kedalaman kasus tertentu. Jelas dari kurva bahwa pada dua suhu yang lebih rendah yang digunakan, laju difusi karbon lambat dan ini memungkinkan penumpukan konsentrasi karbon tinggi di tepi ekstrem komponen. Dengan suhu yang lebih tinggi tidak ditemukan konsentrasi karbon yang ekstrem. Dalam prakteknya, suhu terbaik untuk karburasi padat adalah 900°C meskipun suhu antara 880 dan 930 °C dapat digunakan. Kenaikan suhu karburasi sampai 950°C meningkatkan penetrasi karbon, menghasilkan kedalaman kasus yang lebih tinggi dalam waktu singkat. Tetapi pada suhu ini, jaringan karbida yang dapat dibilang akan terbentuk pada kasing, Oleh karena itu, penting untuk mempertahankan suhu karburasi antara 880 dan 900 °C. Waktu penahanan yang diperlukan selama karburasi untuk mendapatkan berbagai kedalaman kotak diberikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kurva Penetrasi Kedalaman Kotak untuk Karburasi Padat

Jika diperlukan wadah yang tebal atau dalam, periode karburasi yang lebih lama lebih disukai dengan suhu tungku lebih dari 900 °C. Alasan untuk ini adalah bahwa, ketika suhu yang berlebihan digunakan, lapisan luar logam akan menyerap karbon pada tingkat yang lebih besar daripada di mana difusi ke dalam terjadi.

## 2.5 Aluminium Paduan

Aluminium merupakan logam *non-ferrous* yang paling banyak digunakan di dunia. Aluminium dengan densitas 2.7 g/cm<sup>3</sup> sekitar sepertiga dari densitas baja (8.83 g/cm<sup>3</sup>), tembaga (8.93 g/cm<sup>3</sup>), atau kuningan (8.53 g/cm<sup>3</sup>), mempunyai sifat yang unik, yaitu ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi pada lingkungan luas termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa sistem kimia. Pemakaian aluminium dalam dunia industri yang semakin tinggi, menyebabkan pengembangan sifat dan karakteristik aluminium terus menerus ditingkatkan. Aluminium dalam bentuk murni memiliki kekuatan yang rendah dan tidak cukup baik digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan deformasi dan patahan, maka dari itu perlu ditambahkan unsur lain untuk meningkatkan kekuatannya. Aluminium dalam bentuk paduan yang sering dikenal dengan istilah *aluminium alloy* merupakan jenis aluminium yang digunakan cukup besar saat ini. Berdasarkan metode peleburannya, paduan aluminium dikelompokkan menjadi dua kelompok utama yaitu paduan tempa (*wrought*) dan paduan tuang (*casting*). Jenis paduan aluminium saat ini sangat banyak dan tidak menutup kemungkinan ditemukannya lagi jenis paduan aluminium baru, oleh karena itu dibuatlah sistem penamaan sesuai dengan komposisi dan karakteristik paduan aluminium tersebut

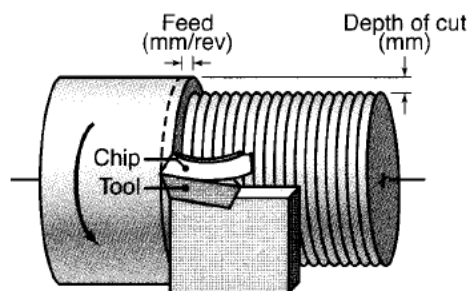
untuk memudahkan pengklasifikasiannya. Unsur-unsur dominan yang membentuk paduan pada paduan aluminium seri 7xxx (705.0/ANSI). Seperti pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Komposisi bahan Paduan Aluminium

Ti	Al	Ni	Fe	Cu	Mn	Zn	Si	Cr	Lain-lain	Ket.
0.25	93.21	0.13	0.8	0.2	0.6	3.9	0.3	0.4	0.21	705.0 (AA/ANSI)

## 2.6 Proses Pembubutan (*Turning*)

Proses pembubutan adalah proses perubahan bentuk material dan ukuran benda kerja dengan jalan menyayat benda kerja tersebut dengan suatu pahat penyayat [15]. Posisi benda kerja dicekam pada *chuck* dan berputar sesuai dengan sumbu mesin dan pahat diam bergerak ke kanan atau ke kiri searah dengan sumbu mesin bubut menyayat benda kerja.



Gambar 2.5 Pembubutan [8]

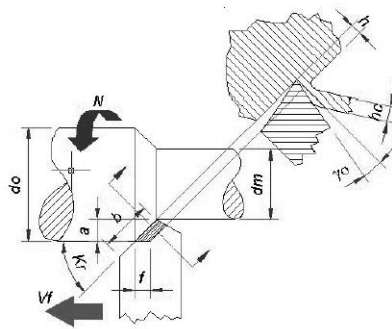
Pada proses mekanismenya, mesin bubut menggunakan energi listrik untuk menggerakkan motor. Motor ini merubah energi listrik menjadi gerak putar. Putaran yang dihasilkan akan menggerakkan kepala tetap (*chuck*). Putaran yang timbul ini digunakan untuk menimbulkan gaya potong pada proses pembubutan. Selama proses pembubutan berlangsung maka benda kerja akan berputar sehingga profil benda kerja yang dihasilkan juga akan berbentuk silinder, baik silinder pejal maupun silinder tabung.

Pada setiap proses pemesinan ada lima elemen dasar yang perlu dipahami, yaitu:

- a. Kecepatan makan (*feeding speed*) :  $V_f$  (mm/min)

- b. Kecepatan potong (*cutting speed*) :  $V$  (m/min)  
 c. Waktu pemotongan (*depth of cut*) :  $t_c$  (min)  
 d. Kedalaman pemotongan (*cutting time*) :  $a$  (mm)  
 e. Laju pembuangan geram (*material removal rate*) :  $MRR$  (cm<sup>3</sup>/min)

Elemen dasar pada proses pembubutan dapat diketahui menggunakan rumus yang dapat diturunkan berdasarkan pada Gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6 Proses pada Pembubutan [14]

- Dimesi benda kerja:  $dm$  = diameter akhir (mm)  
 $lt$  = panjang pemesinan (mm)  
 $do$  = diameter awal (mm)
- dimensi pahat:  $\gamma_0$  = sudut geram ( $^\circ$ )  
 $kr$  = potong utama ( $^\circ$ )
- kondisi pemesinan:  $a = \frac{do-dm}{2}$  (mm)  
 $a$  = kedalaman potong (mm)  
 $n$  = putaran poros utama (rpm)  
 $f$  = pemakanan (mm/putaran)

Dengan diketahui besaran-besaran diatas sehingga kondisi pemotongan dapat diperoleh sebagai berikut:

a. Kecepatan potong :  $vc = \frac{\pi d n}{1000}$  (m/min)

Dimana  $d$  = diameter rata – rata

$$d = \frac{d+dm}{2} \text{ (mm)}$$

b. Laju pemakanan :  $Vf = f.n$  (mm/min)

c. Waktu pemotongan :  $t_c = \frac{lt}{Vf}$  (min)

d. Laju pembuangan geram :  $MRR = A \cdot V$  (cm<sup>3</sup>/min)

Dimana  $A$  = penampang geram sebelum terpotong

$$A = f \cdot a \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$MRR = V f \cdot a \text{ (cm}^3\text{/min)}$$

## 2.7 Pengujian Material

### 2.7.1 Pengujian Kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen. Untuk para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam. Kekerasan adalah ketahanan suatu benda / material terhadap penetrasi / penekanan/ daya tembus benda lain yang lebih keras dan nilai kekerasannya tidak mutlak. Kekerasan adalah suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. *Carbon* didalam besi secara pasti mempengaruhi kualitas baja dan kekerasan yang dibutuhkan dapat dicapai dengan perlakuan panas. Dari beberapa penyelidikan bahwa bahan akan berubah kekerasannya bila dikerjakan dengan *cold worked* (misalnya: pengerolan dan penarikan). Terdapat tiga jenis umum ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu: (1) Kekerasan goresan (*scratch hardness*); (2) Kekerasan lekukan (*indentation hardness*); (3) Kekerasan pantulan (*rebound*). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: Uji kekerasan *Brinell*, *Vickers*, *Rockwell*, *Knoop*, dan lain sebagainya.

Metode ini sebenarnya merupakan gabungan dari metode *Brinnell* dan *Vickers*, sehingga hasilnya pun cukup presisi dan cepat. Pengujian *rockwell* mirip dengan pengujian *brinell*, yakni angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi derajat indentasi. Beban dan indenter yang digunakan bervariasi tergantung pada kondisi pengujian. Berbeda dengan pengujian *brinell*, indenter dan beban yang

digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. Banyak digunakan di industri karena prosedurnya lebih cepat.

Indentor atau “penetrator” dapat berupa bola baja atau kerucut intan dengan sudut  $120^\circ$ . Diameter bola baja umumnya  $1/16$  inchi, tetapi terdapat juga indentor dengan diameter lebih besar, yaitu  $1/8$ ,  $1/4$ , atau  $1/2$  inchi untuk bahan-bahan yang lunak.

Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan beban minor 10 kg, dan kemudian beban mayor diaplikasikan. Beban mayor biasanya 60 atau 100 kg untuk indentor bola baja dan 150 kg untuk indentor intan. Meskipun demikian, dapat digunakan beban dan indentor sesuai kondisi pengujian. Karena pada pengujian *rockwell*, angka kekerasan yang ditunjukkan merupakan kombinasi antara beban dan indentor yang dipakai, maka perlu diberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu untuk skala beban yang digunakan.

Dial pada mesin terdiri atas warna merah dan hitam yang didesain untuk mengakomodir pengujian skala B dan C yang seringkali dipakai. Skala kekerasan B digunakan untuk pengujian dengan kekerasan medium seperti baja karbon rendah dan baja karbon medium dalam kondisi telah dianil (dilunakkan). *Range* kekerasannya dari 0-100. Bila indentor bola baja dipakai untuk menguji bahan yang kekerasannya melebihi B 100, indentor dapat terdefomasi dan berubah bentuk. Tetapi jika indentor bola baja dipakai untuk menguji bahan yang lebih lunak dari B 0, dapat mengakibatkan pemegang indentor mengenai benda uji, sehingga hasil pengujian tidak benar dan pemegang indentor dapat rusak.

Metode ini digunakan dengan cara menekan penetrator dengan indentor bola baja  $\varnothing 1/16$ ” dan intan yang berbentuk kerucut dengan sudut puncak  $120^\circ$  ke permukaan material yang diuji dengan beban penekanan sesuai dengan indentor yang dipakai.

Indentor yang dipakai dalam pengujian Metode *Rockwell*:

- a. Untuk logam-logam yang lunak digunakan bola baja  $\varnothing 1/16$ ” dengan beban 100 Kg



- b. Untuk baja-baja yang keras digunakan intan dengan sudut  $120^\circ$  dengan beban 150 Kg

Metode *Rockwell* digunakan untuk menguji material dari yang lunak sampai yang keras.

**Keuntungan Metode *Rockwell*, yaitu:**

- Proses pengujiannya yang cepat dan tepat sehingga dapat digunakan untuk pengujian/pengtesan kekerasan bahan secara massal.
- Bekas tekanannya kecil sehingga tidak merusak permukaan material.

Jika mengukur/menguji dengan bola baja  $\varnothing 1/16''$  dan bebannya 100 Kg, maka kekerasannya disebut HRB (*Hardness Rockwell Ball*)

Jika mengukur/menguji dengan intan  $120^\circ$  dan bebannya 150 Kg, maka kekerasannya disebut HRC (*Hardness Rockwell Cone*).

Pengukuran/pengujian HRB hanya sampai dengan 100 HRB, diatas 100 HRB harus dengan HRC.

**Kerugian Metode *Rockwell*** adalah tidak dapat digunakan pada bahan/material yang tipis yang tebalnya dibawah 1 mm.

Tabel 2.2 Hubungan Penetrator dan Beban untuk Metode *Rockwell* [15]

GROUP	METHOD	PENETRATOR	MAJOR LOAD		MINOR LOAD	
			N	Kg	N	Kg
1	HRB	1/16 " ball	980,7	(100)	98,07	(10)
	HRC	120° diamond	1471	(150)	98,07	(10)
2	HRA	120° diamond	588,6	(60)	98,07	(10)
	HRD	120° diamond	980,7	(100)	98,07	(10)
	HRE	1/8 " ball	980,7	(100)	98,07	(10)
	HRF	1/16 " ball	588,6	(60)	98,07	(10)
	HRG	1/16 " ball	1471	(150)	98,07	(10)
	HRH	1/8 " ball	588,6	(60)	98,07	(10)
	HRK	1/8 " ball	1471	(150)	98,07	(10)
3	HRL	1/4 " ball	588,6	(60)	98,07	(10)
	HRM	1/4 " ball	980,7	(100)	98,07	(10)
	HRP	1/4 " ball	1471	(150)	98,07	(10)
	HRR	1/2 " ball	588,6	(60)	98,07	(10)
	HRS	1/2 " ball	980,7	(100)	98,07	(10)
	HRV	1/2 " ball	1471	(150)	98,07	(10)

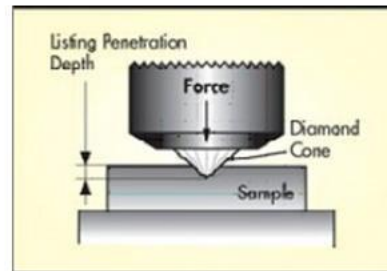
4	25 N	120° <i>diamond</i>	147,1	(15)	29,42	(3)
	30 N	120° <i>diamond</i>	294,2	(30)	29,42	(3)
	45 N	120° <i>diamond</i>	441,3	(45)	29,42	(3)
5	15 T	1/16 “ <i>ball</i>	147,1	(15)	29,42	(3)
	30 T	1/16 “ <i>ball</i>	294,2	(30)	29,42	(3)
	45 T	1/16 “ <i>ball</i>	441,3	(45)	29,42	(3)

Tabel 2.3 Skala Kekerasan dan Pemakaiannya [15]

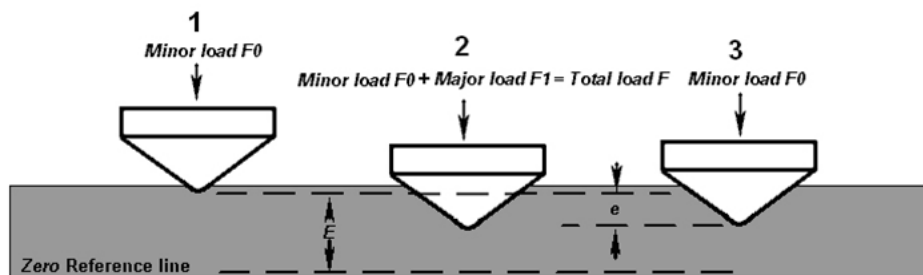
SKALA	PEMAKAIANNYA
A	Untuk <i>carbide cementite</i> , baja tipis, dan baja dengan lapisan keras yang tipis
B	Untuk paduan tembaga, baja lunak, paduan alumunium, dan besi tempa
C	Untuk baja, besi tuang keras, besi tempa peritik, titanium, baja dengan lapisan keras yang dalam, dan bahan-bahan lain yang lebih keras daripada skala B-100
D	Untuk baja tipis, baja dengan lapisan keras yang sedang, dan besi tempa peritik
E	Untuk besi tuang, paduan alumunium, magnesium, dan logam-logam bantalan
F	Untuk paduan tembaga yang dilunakkan dan pelat lunak yang tipis
G	Untuk besi tempa, paduan tembaga, nikel-seng, dan tembaga-nikel
H	Untuk alumunium, seng, dan timbal
K	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
L	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
M	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
P	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
R	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
S	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis
V	Untuk logam, bantalan, dan logam yang sangat lunak lainnya, atau bahan-bahan tipis



Gambar 2.7 Rockwell Hardness Tester Model HR-150A [15]



Gambar 2.8 Proses Penekanan Indentor [15]



Gambar 2.9 Langkah Proses Penekanan Indentor [15]

### 2.7.2 Pengujian Kekasaran

Kekasaran merupakan ukuran dari tekstur permukaan. Tingkat kekasaran yang dimiliki oleh suatu material tidak cukup menggunakan indra peraba, apalagi hanya dilihat secara kasat mata. Harus ada acuan dan parameter-parameter yang digunakan peneliti untuk mengetahui seberapa kasar material tersebut. Adapun penyebabnya beberapa macam faktor diantaranya yaitu parameter pemotongan, geometri, dan dimensi pahat. Kualitas hasil suatu produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan benda kerja.

Parameter pengukuran kekasaran permukaan umumnya menggunakan tiga buah parameter, yaitu  $R_a$ ,  $R_z$  dan  $R_{maks}$ .  $R_a$  adalah nilai rata-rata kekasaran,  $R_z$  adalah nilai rata-rata maksimum kekasaran dan  $R_{maks}$  adalah nilai maksimum kekasaran permukaan. Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui nilai  $R_a$  dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$R_a = \frac{a+b+c+...+n}{n}$$

Keterangan:

Ra = Kekasaran rata-rata ( $\mu\text{m}$ )

$a$  = Nilai Hasil uji Kekasaran 1 ( $\mu\text{m}$ )

$b$  = Nilai Hasil uji Kekasaran 2 ( $\mu\text{m}$ )

$c$  = Nilai Hasil uji Kekasaran 3 ( $\mu\text{m}$ )

$n$  = Jumlah banyaknya data

Pada nilai kekasaran permukaan terdapat beberapa kriteria nilai kualitas (N) yang berbeda, dimana nilai kualitas kekasaran permukaan terkecil dimulai dari N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra)  $0,025 \mu\text{m}$  dan nilai yang paling tinggi adalah N12 dengan nilai kekasarannya  $50 \mu\text{m}$  [11].

Tabel 2.3 Toleransi harga kekasaran rata-rata Ra [11]

Nama Kekasaran	Harga C.L.A ( $\mu\text{m}$ )	Harga Ra ( $\mu\text{m}$ )	Toleransi N + 50% -20%	Panjang sampel (mm)
N1	1	0,025	0,02 – 0,04	0,08
N2	2	0,05	0,04 – 0,08	
N3	4	0,0	0,08 – 0,15	0,25
N4	8	0,2	0,15 – 0,3	
N5	16	0,4	0,3 – 0,6	
N6	32	0,8	0,6 – 1,2	
N7	63	1,6	1,2 – 2,4	
N8	125	3,2	2,4 – 4,8	0,8
N9	250	6,3	4,8 – 9,6	
N10	500	12,5	9,6 – 18,75	2,5
N11	1000	25,0	18,75 – 37,5	
N12	2000	50,0	37,5 – 75,0	8

Tingkat kekasaran rata-rata permukaan hasil pengerjaan masing-masing mesin perkakas tidak samatergantungan proses pengerjaannya, harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya toleransi untuk Ra biasanya diambil antara 50% keatas dan 20% kebawah. Tabel 2.3 menunjukkan toleransi harga kekasaran rata-rata.

Tabel 2.4 Tingkat Kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya [7]

Proses Pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping</i>	N1-N4	0,025-0,2
<i>Superfinishing diamond turning</i>	N1-N6	0,025-0,8
<i>Flat and cylindrical grinding</i>	N1-N8	0,025-3,2
<i>Finishing</i>	N4-N8	0,1-3,2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	N5-N12	0,4-50,0

<i>Drilling</i>	N7-N10	12,5-25,0
<i>Shaping, planing, horizontal milling</i>	N6-N12	0,8-50,0
<i>Sandcasting and forging</i>	N10-N11	12,5-25,0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	N6-N8	0,8-3,2
<i>Die casting</i>	N6-N7	0,8-1,6

Toleransi harga kekasaran rata-rata, Ra dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya dan pada Tabel 2.4 menunjukkan harga rata-rata kekasaran. Dimana N1 sampai N12 adalah kelas kekasaran dari permukaan dan Ra adalah rata-rata harga kekasarannya.