

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Hasil komparasi beberapa sumber Pustaka terkait dengan Analisa pengaruh variasi kuat arus dan ketinggian *torch* pada proses pemotongan CNC *plasma cutting*, dengan penjelasan sebagai berikut.

Penelitian ini dilakukan oleh Agnitas (2019) tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar variasi kuat arus memberikan pengaruh terhadap lebar pemotongan (*Kerf Width*) dan kekerasan pada proses pemotongan baja karbon sedang dengan menggunakan *CNC Plasma Arc Cutting*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh sebab akibat terhadap perlakuan yang diberikan. Variasi kuat arus yang digunakan dalam proses pemotongan ini adalah 20 A, 25A, 30A, 35A, dan 40A. Pengujian yang di lakukan adalah kekerasan dan lebar pemotongan (*Kerf Width*). Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis statistik diskriptif. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai lebar pemotongan (*Kerf Width*) dan nilai kekerasan. Nilai lebar pemotongan (*Kerf Width*) dan kekerasan terendah diperoleh pada penggunaan arus sebesar 20 A yaitu dengan nilai lebar sebesar 1,64 mm dan kekerasan sebesar 707,4 HV. Nilai lebar pemotongan (*Kerf Width*) dan kekerasan tertinggi diperoleh pada penggunaan arus sebesar 40A dengan nilai lebar 2,58 mm dan kekerasan sebesar 857,7 HV. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi kuat arus pada proses pemotongan baja karbon sedang menggunakan *CNC Plasma Arc Cutting* memberi pengaruh sebesar 99,59% terhadap nilai lebar pemotongan (*Kerf Width*) dan sebesar 94,17% terhadap nilai kekerasan.

Penelitian ini dilakukan oleh Hamid (2014) dengan penelitian yaitu “*Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Gas Flow Rate terhadap lebar kerf pemotongan pada pemotongan aluminium 5083 dengan menggunakan Mesin Cutting Plasma*”. relevansi penelitian ini dengan yang akan dilakukan adalah penggunaan variasi kuat arus sebagai variabel bebas dan pengukuran lebar pemotongan sebagai variable

terikat. pembaharuan yang akan dilakukan penulis adalah nilai kuat arus yang digunakan dan penambahan pengujian kekerasan. Kesimpulan dari penelitian ini diperoleh bahwa kuat arus pada pemotongan Aluminium 5083 memberi pengaruh terhadap lebar *kerf*. Angka lebar *kerf* terbesar diperoleh pada saat pemotongan dengan arus sebesar 80A dan pengaturan *gas flow rate* sebesar 10 L/menit. Sedangkan pada variasi kuat arus (50 A, 65A, dan 80A) dan pengaturan *gas flow rate* sebesar 14 L/menit memberikan angka lebar *kerf* tersempit.

Penelitian ini dilakukan oleh Saputro dan Sumbodo (2019) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketinggian torch terhadap lebar kerf dan kekasaran permukaan hasil pemotongan baja st 37 menggunakan CNC Plasma Arc Cutting. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan teknik Analisa yang digunakan adalah statistika deskriptif pada pemotongan baja st 37 dengan menggunakan variasi ketinggian torch 0.1 mm, 0.2 mm dan 0.3 mm. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian lebar kerf menggunakan taper gauge dan kekasaran menggunakan Surfcoorder SE-1700. semakin tinggi jarak torch yang digunakan pada saat pemotongan maka akan semakin tinggi nilai lebar kerf dan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Semakin rendah jarak torch yang digunakan maka semakin kecil nilai lebar kerf dan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Nilai lebar kerf yang paling kecil mm yaitu rata-rata lebar kerf sebesar 1.31 mm dengan ketinggian torch 0.1 mm dan paling besar yaitu 1.37 mm dengan ketinggian 0.3 mm. Nilai kekasaran permukaan yang paling kecil yaitu rata-rata sebesar 6.959  $\mu\text{m}$  dengan ketinggian 0.1 dan paling besar yaitu 11.913  $\mu\text{m}$  dengan ketinggian 0.3 mm.

Penelitian ini dilakukan oleh Abdul dkk. (2018) Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus dan *gas flow rate* terhadap lebar celah alur pemotongan menggunakan *cutting plasma* pada Aluminium 5083. Metode penelitian yang digunakan ialah rancangan penelitian eksperimental. Teknik analisis data menggunakan analisis metode Taguchi Anova. Analisis statistik tersebut digunakan untuk mengetahui kombinasi parameter yang optimum serta kontribusi setiap parameter. Penerapan metode Taguchi ini dalam optimasi parameter proses pemotongan *plasma arc cutting* menghasilkan 3 faktor terkontrol yaitu kuat arus, tekanan gas, dan jarak pemotongan dan faktor respon adalah

kekasaran (SR), lebar *kerf*, dan *conicity*. Berdasarkan analisis Taguchi setiap faktor respons memiliki urutan faktor terkontrol yang berbeda – beda. Jumlah kontribusi untuk setiap variabel respon pada gambar pada kekasaran logam (SR), kuat arus memiliki kontribusi sebesar 93 %, jarak pemotongan 6.01% dan gas 0.9%. Selanjutnya variabel respon yang lain *kerf*, jarak pemotongan memiliki kontribusi sebesar 85% diikuti variabel yang lain. Pada *conicity* kontribusi yang terbesar adalah jarak pemotongan dengan nilai prosentase 66.06% diikuti yang lain.

Tabel 2.1 Komparasi Kajian Pustaka

DATA SUMBER JURNAL TUGAS AKHIR			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2018	Abdul Hamid Oyong Novareza dan Teguh Dwi Widodo	Optimasi Proses Parameter Pemotongan Plasma Arc Cutting Pada Logam Aluminium Menggunakan Metode Taguchi	Penerapan metode Taguchi ini dalam optimasi parameter proses pemotongan plasma <i>arc cutting</i> pada logam aluminium 5083 menghasilkan 3 faktor terkontrol yaitu kuat arus, tekanan gas, dan jarak pemotongan dan factor respon adalah kekasaran (SR), lebar <i>kerf</i> , dan <i>conicity</i> . Berdasarkan analisis Taguchi setiap factor respons memiliki urutan factor terkontrol yang berbeda – beda. Jumlah kontribusi untuk setiap variabel respon pada gambar pada kekasaran logam (SR), kuat arus memiliki kontribusi sebesar 93 %, jarak pemotongan 6.01% dan gas 0.9%. Selanjutnya variabel respon yang lain <i>kerf</i> , jarak pemotongan memiliki kontribusi sebesar 85% diikuti variabel yang lain. Pada <i>conicity</i> kontribusi yang terbesar adalah jarak pemotongan dengan nilai persentase 66.06% diikuti yang lain.

DATA SUMBER JURNAL TUGAS AKHIR			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2019	Dedy Rizkiawan	Pengaruh Variasi Tekanan Udara Pada Pemotongan Plat Baja St 37 Menggunakan Cc Cutting Terhadap Struktur Mikro, Kerf, dan Kekerasan	Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UNNES dengan jumlah spesimen keseluruhan 4 spesimen, spesimen pertama digunakan sebagai uji lebar <i>kerf</i> dan spesimen kedua digunakan sebagai uji struktur mikro dan uji kekerasan. Pengujian lebar <i>kerf</i> menggunakan <i>Taper Gauge</i> , pengujian atruktur <i>mikro</i> menggunakan mikroskop optik, dan pengujian kekerasan menggunakan uji <i>Vickers</i> . Variasi tekanan udara yang digunakan adalah 0.3 MPa, 0.5 MPa, dan 0.8 Mpa
2019	Fathony Nada Saputro dan Wirawan Sumbodo	Pengaruh Ketinggian Torch Terhadap Lebar <i>Kerf</i> dan Kekasaran Permukaan pada Pemotongan CNC <i>Plasma Arc Cutting</i> dengan Bahan Baja St 37	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahwa semakin tinggi jarak <i>torch</i> yang digunakan pada saat pemotongan maka akan semakin lebar <i>kerf</i> yang dihasilkan. Semakin rendah jarak <i>torch</i> yang digunakan maka semakin kecil lebar <i>kerf</i> yang dihasilkan.</li> <li>2. Bahwa semakin tinggi jarak <i>torch</i> yang digunakan pada saat pemotongan maka akan semakin besar nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan maka semakin rendah jarak <i>torch</i> yang digunakan maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan.</li> </ol>

DATA SUMBER JURNAL TUGAS AKHIR			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2019	Riska Surya Agnitias	Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Lebar Pemotongan dan Kekerasan pada Baja Karbon Sedang dengan CNC Plasma Arc Cutting	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Variasi arus terhadap nilai dari lebar pemotongan sebesar 99,59 %. Nilai lebar pemotongan terendah didapatkan pada penggunaan arus 20 A dengan nilai lebar pemotongan 1,64 mm dan nilai lebar terbesar didapatkan pada penggunaan arus 40 A dengan nilai lebar pemotongan sebesar 2,58 mm. Dapat disimpulkan apabila arus dalam pemotongan menggunakan <i>cnc plasma arc cutting</i> yang digunakan semakin tinggi maka akan menghasilkan nilai lebar pemotongan yang semakin besar.</li> <li>2. Variasi arus pada nilai kekerasan di daerah HAZ terhadap material baja karbon sedang. Berdasarkan data nilai kekerasan pada daerah HAZ menggunakan arus yang telah ditentukan, dapat disimpulkan bahwa arus memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan sebesar 94,17 %. Nilai kekerasan material sebelum dilakukan pemotongan yaitu sebesar 232,9 HV namun setelah dilakukan pemotongan terjadi perubahan nilai kekerasan. Nilai kekerasan terendah diperoleh pada penggunaan arus 20 A yaitu sebesar 707,4 HV dan nilai kekerasan tertinggi pada arus 40 A dengan nilai kekerasan sebesar 857,7 HV.</li> </ol>

DATA SUMBER JURNAL TUGAS AKHIR			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2019	Ami Rima Rahmawati, Samsudin Anis, dan Rusiyanto	Pengaruh Kecepatan Pemotongan dan Ketebalan Bahan Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Menggunakan CNC Plasma Arc Cutting	1. Semakin rendah kecepatan pemotongan maka nilai kekerasan semakin tinggi dan nilai kekasaran permukaan semakin tinggi. Semakin tinggi kecepatan pemotongan yang digunakan maka nilai kekerasan yang dihasilkan semakin rendah dan nilai kekasaran semakin rendah, namun semakin tinggi kecepatan pemotongan benda kerja tidak dapat terpotong. Semakin rendah ketebalan bahan maka nilai kekerasan semakin rendah dan nilai kekasaran permukaan semakin rendah. Semakin tinggi ketebalan bahan yang digunakan maka nilai kekerasan yang dihasilkan semakin tinggi dan nilai kekasaran semakin tinggi, namun semakin tinggi ketebalan bahan benda kerja tidak dapat terpotong.

Dari *literature review* di atas, dengan tujuan untuk mencari pengaruh kuat arus dan ketinggian *torch* digunakan pada bahan yang sudah ditentukan dengan pemotongan menggunakan mesin CNC *plasma cutting* maka yang membedakan penelitian yang dilakukan antara lain:

- Objek yang digunakan dalam penelitian yaitu CNC *plasma cutting*.
- Bahan yang digunakan pada saat penelitian adalah baja SS400.
- Analisa yang digunakan, yaitu menganalisa nilai kekasaran permukaan terhadap pengaruh kuat arus dan ketinggian *torch* pada saat pemotongan.

## 2.2 Klasifikasi Cara Pemotongan

Pemotongan logam dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu cara pertama dengan tenaga mekanis yaitu menggunakan gergaji, gerinda ataupun gunting. Cara kedua dengan menggunakan sumber panas bertemperatur tinggi yaitu menggunakan gas atau dengan menggunakan busur plasma. Sumber energi panas

yang digunakan sebagai proses pemotongan termal termasuk kedalam reaksi oksidasi, energi listrik, dan energi sinar (Sunaryo, 2008: 51).

Setiap proses pemotongan menggunakan energi panas memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Pada tabel 2.1 akan dijelaskan kekurangan dan kelebihan dari proses pemotongan dengan menggunakan busur plasma dan pemotongan dengan menggunakan gas.

Tabel 2.2 Perbandingan Proses Pemotongan Panas

Karakteristik	<i>Plasma Arc Cutting</i>	<i>Oxy Fuel</i>
Material	Logam yang memiliki sifat konduktif	Terbatas pada pemotongan logam
Pemanas awal	Tidak dibutuhkan	Dibutuhkan
Produktivitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Karena dibutuhkan pemanasan awal maka waktu pemotongan menjadi lebih cepat.</li> <li>- Pemotongan cepat pada material tipis.</li> <li>- Lebar pemotongan kecil dan perlu dilakukan pembersihan pasca pemotongan</li> </ul>	Mudah dibawa dan biaya pengoperasian lebih murah
Kegunaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mampu memotong dengan kombinasi material yang berbeda.</li> <li>- Tidak diperlukannya tabung gas tambahan</li> </ul>	Dapat digunakan sebagai pengelasan, mematri, dan pemanasan logam
Keselamatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses elektrik dapat menyebabkan resiko tersengat listrik.</li> <li>- Perlu menggunakan pakaian yang sesuai dengan standar keselamatan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Karena menggunakan tabung gas, sehingga beresiko meledaknya tabung gas</li> <li>- Perlu digunakan pakaian yang sesuai dengan standar keselamatan</li> </ul>

(Sumber: Beyond-Steel Indonesia. 2008)

### 2.3 CNC *Plasma Cutting*

*PAC (Plasma Arc Cutting)* atau pemotongan dengan menggunakan busur plasma merupakan jenis pengelasan potong yang digunakan untuk melakukan pemotongan pada baja atau logam menggunakan *torch* plasma. Gas disemprotkan keluar dari *nozzle* dengan kecepatan tinggi dan pada waktu yang bersamaan busur listrik dibentuk melalui gas dari *nozzle* ke permukaan potong, pada proses tersebut sebagian gas diubah menjadi plasma. Plasma cukup panas untuk melelehkan logam

yang akan dipotong dan gas yang disemprotkan dari *nozzle* memiliki kecepatan yang tinggi sehingga membuat logam yang telah mencair terpisah dari material.

Plasma merupakan daerah reaksi tumbukan elektron yang sangat signifikan untuk terjadi. Plasma dapat terjadi ketika temperatur atau energi suatu gas dinaikkan sehingga memungkinkan atom-atom gas terionisasi akan membuat gas tersebut melepaskan elektron-elektronnya yang pada keadaan normal mengelilingi inti. Mesin CNC *Plasma Cutting* adalah mesin yang digunakan untuk memotong plat/besi dengan menggunakan laser berkonsentrasi tinggi dengan menggunakan program komputer. Sehingga hasil yang diperoleh menjadi maksimal dan presisi.

#### 2.4 Mesin Potong Busur *Plasma*

Pemotongan dengan *plasma* biasa dilakukan secara manual, namun pada umumnya pemotongan ini dilakukan pada sebuah mesin otomatis yang dikombinasikan dengan peralatan *Numeric Control* (NC), dengan pertimbangan peningkatan kualitas pada permukaan potong serta efisiensi operasional. Sumber tenaga DC yang mempunyai penurunan atau karakteristik arus rendah digunakan sebagai pensuplai tenaga. Tegangan tanpa beban 200- 400 V disyaratkan untuk merubah gas *orifice* (mulut lubang) menjadi gas plasma yang digunakan untuk operasi pemotongan. Tegangan (*Voltage*) dalam kondisi terbeban adalah sekitar 100-180 V.

Tabel 2.3 Konstruksi Mesin Potong Busur *Plasma*

Komponen Sistem	Fungsi
Sumber tenaga DC	Merubah arus AC menjadi arus DC. Dioda silikon umumnya digunakan dalam bentuk kombinasi dengan sistem kontrol pembalik pada peralatan penyearah, meskipun <i>thyristor</i> digunakan dalam bentuk kombinasi dengan sistem kontrol arus ketika arus menjadi besar.
Pengionisasi frekuensi tinggi	Menimbulkan plasma. Mampu menimbulkan beberapa ribu volt frekuensi tinggi.
Alat penyuplai gas	Memberikan gas yang digunakan untuk pemotongan busur <i>plasma</i> . Umumnya menggunakan gas Ar, N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> atau udara.



<b>Komponen Sistem</b>	<b>Fungsi</b>
Alat pendingin	Memberikan air pendingin untuk melindungi <i>torch</i> plasma dari panasnya <i>plasma</i> .
<i>Torch plasma</i>	Menimbulkan busur <i>plasma</i> di antara material yang akan di potong.
Alat pengontrol	Menimbulkan busur untuk pemotongan busur <i>plasma</i> dan untuk mengontrol gas dan air untuk pendinginan.

(Sumber: Irvan, Saiful. 2019)

## 2.5 Cara Kerja Mesin CNC Plasma Cutting

Mesin CNC *plasma cutting* ini bekerja dengan cara meniupkan gas *invert* dengan kecepatan tinggi dari *noozle*. Kemudian pada saat yang bersamaan busur listrik yang dibentuk melalui gas *noozle* ke permukaan plat yang akan dipotong. Setelah itu sebagian gas tersebut akan berubah menjadi plasma yang memiliki panas yang sangat tinggi yang berfungsi untuk mencairkan logam sehingga logam dapat terpotong. *Plasma cutter* memotong dengan menggunakan panas yang didapatkan dari laser yang terkonsentrasi tinggi. Dalam pengoperasiannya, mesin *cutting plasma* ini memakai teknologi robot sehingga dapat lebih presisi dalam pemotongannya. Mesin CNC *plasma cutting* ini dibekali dengan sistem komputerisasi untuk pengoperasiannya. Sistem komputerisasi ini didesain agar dapat memudahkan untuk mendesain pola dan mengatur ketebalan pemotongan.

*Noozle* merupakan bagian dari *torch plasma* yang memiliki tugas untuk memicu arus listrik dan menyemprotkan gas. *Noozle plasma* ini terletak pada bagian ujung *torch plasma*. apabila frekuensi pemakaiannya sangat tinggi. Maka *noozle* harus sering di ganti dengan yang baru. Karena apabila tidak cepat diganti pada waktunya akan mengakibatkan proses pemotongan menjadi tidak akurat.

## 2.6 Kuat Arus

Kuat arus merupakan parameter yang secara langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam. Semakin tinggi nilai kuat arus yang diberikan, maka daya plasma akan menjadi lebih besar sehingga nyala plasma juga menjadai semakin besar pula. Pengaturan nilai arus bergantung pada ketebalan

material yang akan dilakukan pemotongan. Semakin tebal material yang akan dilakukan maka penggunaan arus juga semakin besar.

## 2.7 Baja SS400

Pelat *mild steel* SS400, yang juga dikenal sebagai SS400 JIS 3101, di ASME Kode Bagian II-A spesifikasi JIS dari pelat baja untuk konstruksi umum termasuk dalam kategori SA-36. Di JIS (Standar Industri Jepang) “SS” singkatan dari baja struktural (*structural steel*) dan grade 400 yang mirip dengan AISI 1018. Plat mild steel SS400 adalah salah satu baja canai panas struktural yang paling umum digunakan. Tipikal material baja karbon khas, harganya relatif murah, sangat bagus di las dan di machining dan material baja SS400 dapat mengalami berbagai perlakuan panas.

### Mechanical Properties Plat Mild Steel

Properties	SS400	A36	ST37	S275JR
Tensile Strength (MPa)	400 – 510	400 – 552	627	380 – 540
Yield Strength (MPa)	205-245	281 – 301	294	275
Elongation (%)	27 – 30	31	12	23
Young’s Modulus (GPa)	190-210	200	210	210
Poisson’s Ratio	0.26	0.32	0.32	0.3
Density (kg/m <sup>3</sup> )	7860	7800	7850	7800
Hardness, Brinell (HB)	160	119 – 159	141	121 – 163

Gambar 2.1 Sifat Mekanik SS400  
(Sumber: Beyond-Steel Indonesia. 2008)

## 2.8 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 Ra, Rz dan Rmaks. Ra adalah nilai rata-rata kekasaran, Rz adalah nilai rata-rata maksimum kekasaran dan Rmaks adalah nilai maksimum kekasaran permukaan. Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui nilai Ra dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$Ra = \frac{a+b+c+\dots+n}{n}$$

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  $\mu\text{m}$ .

Tabel 2.4 Toleransi Harga Kekasaran Rata-rata Ra

<b>Nama Kekasaran</b>	<b>Harga C.L.A (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Harga Ra (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Toleransi N + 50% -20%</b>	<b>Panjang sampel (mm)</b>
N1	1	0,025	0,02 – 0,04	0,08
N2	2	0,05	0,04 – 0,08	
N3	4	0,1	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

(Sumber: Petropoulos, G., Kechagias, J., Akis, V.I., dan Maropoulos, S. 2009)

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 25% kebawah. Tabel 2.4 menunjukkan toleransi harga kekasaran rata-rata.