

# PERANCANGAN ALAT UJI KEKERASAN METODE BRINELL DAN ROCKWELL BERDASARKAN VDI 2221

Joko Prihartono<sup>1)</sup>; Irsan Nurdiansyah<sup>2)</sup>  
Program Studi Teknik Mesin,  
Fakultas Teknik-Universitas Tama Jagakarsa  
Email: prihartonojoko2463@gmail.com

## ABSTRAK

Dalam perancangan alat uji kekerasan ini digunakan metode VDI 2221 yang terdiri dari penjabaran tugas, penentuan konsep rancangan, perancangan wujud, dan perancangan rinci. Dari alat uji kekerasan yang dirancang dengan metode ini memiliki keunggulan dapat menggunakan dua metode pengujian yaitu metode *Brinell* dan metode *Rockwell* berdasarkan skala laboratorium dengan pengaplikasian penempatan indentornya dibuat untuk bisa menggunakan kedua metode tersebut. Analisa biaya dalam proses pembuatan alat uji kekerasan ini dimulai dari tahap perencanaan biaya untuk pembuatan alat uji kekerasan dari awal hingga selesai menghabiskan anggaran sebesar Rp. 24.988.000. Dari hasil analisa biaya terhadap konsep perancangan untuk pembuatan alat uji kekerasan ini sudah sesuai dengan kriteria dan persyaratan yang telah ditentukan.

**Kata kunci** : Struktur fungsi, prinsip solusi, kombinasi prinsip solusi, evaluasi konsep varian.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Uji kekerasan digunakan untuk mengetahui tingkat kekerasan pada suatu material berdasarkan energi tekanan yang diberikan indentor kepada suatu material baik logam maupun non logam yang akan diuji. Untuk melaksanakan praktikum uji kekerasan bagi mahasiswa program studi teknik mesin pada laboratorium metalurgi maka akan dirancang suatu alat uji kekerasan dengan menggunakan metode VDI 2221. Dalam metode VDI 2221 ini terdiri dari penjabaran tugas, penentuan konsep rancangan, perancangan wujud dan perancangan rinci. Dari alat uji kekerasan yang dirancang dengan metode ini memiliki keunggulan dapat menggunakan dua metode pengujian yaitu metode *Brinell* dan metode *Rockwell* skala laboratorium dengan pengaplikasian penempatan indentornya dibuat untuk bisa menggunakan kedua metode tersebut.

### Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Hasil konsep perancangan
2. Analisa biaya
3. Analisa biaya dari konsep perancangan

### Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini adalah perancangan alat uji kekerasan skala laboratorium dengan menggunakan metode VDI 2221

### Pengujian Kekerasan Dengan Metode Indentasi

Pengujian kekerasan dengan metode indentasi (metode penekanan) adalah dengan cara mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya tekanan yang diberikan oleh indentor dengan memperhatikan besar beban yang diberikan dan besar indentasi.

### Uji kekerasan Metode *Brinell*

Uji kekerasan *Brinell* berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan memakai bola baja berdiameter 10 mm dan diberi beban 3000 kg. Untuk logam lunak, beban dikurangi hingga 500 kg, untuk menghindari jejak yang dalam, dan untuk bahan yang sangat keras, digunakan paduan *Kabrida Tungsten*, untuk memperkecil terjadinya distorsi indentor. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya mencapai waktu dari 15 sampai dengan 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop gaya rendah, setengah beban tersebut dihilangkan. Kemudian dicari harga rata-rata dari 2 sampai 3 buah pengukuran diameter pada jejak yang berarah pada tegak lurus. Pada permukaan dimana lekukan akan dibuat harus relatif halus, bebas dari debu atau kerak.

### Uji kekerasan Metode *Rockwell*

Uji kekerasan *Rockwell* memperhitungkan kedalaman indentasi dalam keadaan beban konstan sebagai penentu nilai kekerasan. Sebelum pengukuran, spesimen dibebani beban minor sebesar 10kg untuk mengurangi kecenderungan *riding* dan *sinking* akibat beban indentor. Sesudah beban minor diberikan, spesimen langsung diberikan beban mayor. Kedalaman indentasi yang terkonversi skala langsung dapat diketahui nilainya dengan membaca *dial gauge* pada alat.

### Metode Perancangan (VDI 2221)

Merancang merupakan kegiatan untuk merumuskan suatu rancangan dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia, sedangkan perancangan mesin dapat diartikan merumuskan suatu rancangan dari sistem dan segala yang berkaitan dengan mesin. Metode perancangan dengan VDI (*Verien Deutscher Ingenieure / Persatuan Insinyur Jerman*) 2221 merupakan metode yang digunakan oleh insinyur Jerman sebagai pedoman dalam perancangan suatu produk yang dijabarkan oleh *G. Pahl* dan *W. Beitz*.

### Langkah-langkah kerja (VDI 2221)

Secara keseluruhan langkah kerja yang terdapat dalam VDI 2221 terdiri dari 7 langkah yang dikelompokkan menjadi 4 fase yaitu :

1. Penjabaran Tugas  
Meliputi pengumpulan informasi atau data tentang syarat-syarat yang akan dipenuhi oleh rancangan alat tersebut dan juga batasan-batasannya. Hasil dari tahap ini berupa syarat-syarat atau spesifikasi.
2. Perancangan Konsep  
Pada penentuan konsep rancang ini meliputi 3 langkah kerja yaitu :
  - a. Menentukan fungsi dan strukturnya.
  - b. Mencari prinsip solusi dan strukturnya.
  - c. Menguraikan varian yang dapat direalisasikan.
3. Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)  
Pada perancangan wujud ini dimulai dengan menguraikan rancangan kedalam modul-modul yang diikuti oleh:
  - a. *Lay out* awal  
Kombinasi-kombinasi prinsip solusi digambarkan berupa sketsa (gambar *lay out* awal) kemudian dipilih *lay out* awal yang sesuai yaitu yang lebih banyak memenuhi kriteria-kriteria teknis dan ekonomis.
  - b. *Lay out* definitif
    - Prosedur perakitan
    - Pemilihan jenis material, *finishing* dan kekuatan material
    - Perhitungan teknik
    - Pemilihan bentuk, ukuran dan toleransi
    - Estimasi biaya
    - Jumlah komponen standar
4. Perancangan Terinci (*Detail Design*)  
Dalam tahapan ini, hasil rancangan dibuat suatu dokumen produk, sehingga dapat diproduksi secara kontinu dan pengembangan produk yang lebih baik. Dokumen produk ini dapat meliputi :

- Gambar mesin.
- Detail gambar mesin.
- Sistem pengoperasian.
- Pemilihan komponen dari standar yang sudah ada.

## 2. KONSEP PERANCANGAN

### Diagram Alir Perancangan (*Flowchart*)



Gambar 1. Diagram alir perancangan

### Membuat Daftar Kehendak (Daftar Spesifikasi)

Tabel 1. Daftar kehendak

PARAMETER	DAFTAR SPESIFIKASI ALAT UJI KEKERASAN BRINELL DAN ROCKWELL	DEMAND (D) WHISES (W)
GEOMETRI	Tinggi alat 790 mm Lebar alat 150 mm Panjang alat 650 mm	D D D
KINEMATIKA	Kepala Tuas penekan Pembebanan hanya 1 arah Pergerakan arah vertikal naik dan turun	D D D
GAYA DAN MOMEN	Gaya berupa gaya potensial dan gaya mekanik Gaya tekan disesuaikan dengan beban	D D
MATERIAL	Material yang di pilih telah standar SNI (dimensi rata-rata) Bahan yang digunakan adalah baja as ST 60 dan baja as ST 41, baja plat, baja siku sesuai dengan SNI Tahan terhadap korosi (dicat) Komponen mudah di dapat Harga material / bahan baku tidak mahal (relativ murah)	D D W W
SINYAL	Menggunakan <i>dial gauge</i> (jam ukur skala)	D
KESELAMATAN	Bagian-bagian mekanik yang bergerak / bekerja ditutup langsung Tidak membahayakan operator atau orang yang ada disekitar	D D W
PERAKITAN	Sistem perakitan komponen mudah dipahami Dapat dibongkar dan dipasang sendiri Sistem perakitan komponen mudah dipahami Sistem perakitan mudah dipahami Dirakit ditempat yang aman	D W D D D

PEMBUATAN	Konstruksi sederhana dan mudah dikerjakan Dibuat di biro praktek bunda kandung Menggunakan komponen-komponen standart Ketelitian terjaga Mutu dan toleransi dapat dijaga	W W D D D
PENGOPERASIAN	Mudah dioperasikan Operasi bersifat manual (konvensional) Dioperasikan oleh 1 orang	D W D
TRANSPORTASI	Membutuhkan troli karena alat berbobot 170kg.	D
PERAWATAN	Perawatan relatif mudah Biaya perawatan yang murah Mudah dibersihkan Mudah diperbaiki apabila terjadi kerusakan	D D D W
LINGKUNGAN	Bebas polusi dan tidak berisik	D
BIAIYA	Biaya <i>maintanance</i> lumayan murah dibandingkan dengan alat yang ada dipasaran. Biaya komponen-komponen alat uji kekerasan ini dapat dilakukan di indonesia dengan harga terjangkau	D D
JADWAL	Evaluasi dapat dilakukan setelah aplikasi perancangan produk selesai Waktu perakitan tidak tentu Membuat jadwal perancangan alat uji kekerasan dari awal hingga akhir	D D D

### Membuat Abstraksi

Abstraksi prinsipnya adalah mengabaikan hal-hal yang bersifat khusus dan memberikan penekanan pada hal-hal yang bersifat umum dan perlu. Hasil evaluasi dari abstraksi adalah:

- Alat dapat menguji kekerasan dengan 2 (Dua) metode yaitu : *Brinell* dan *Rockwell*.
- Identor dapat dibongkar pasang.
- Mekanik alat ini mudah dibuat sendiri.
- Alat uji kekerasan yang dirancang ini dapat melakukan pengujian kekerasan dengan 2 metode yaitu *Brinell* dan *Rockwell*.

### Membuat Struktur Fungsi

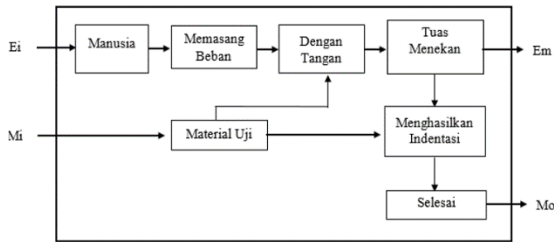
Struktur sub fungsi adalah rangkaian dari berbagai sub fungsi yang menjalankan fungsi keseluruhan dan mempunyai hubungan antara masukan dan pengeluaran yang diinginkan.



Gambar 2. Fungsi keseluruhan alat uji kekerasan *Brinell* dan *Rockwell*

### Membuat Struktur Sub Fungsi

Dari fungsi keseluruhan dibuat menjadi struktur fungsi dengan jalan memperkirakan sub-sub yang diperlukan



Gambar 3. Sub fungsi alat uji kekerasan

Dimana :

- Ei = Energi *Input*
- Mi = Material *Input*
- Em = Energi Mekanik
- Mo = Material *Output*

### Membuat Prinsip Solusi

Tabel 2. Prinsip solusi

Prinsip Solusi		1	2	3
Sub Fungsi				
1	Jenis Sumber Energi			
2	Jenis Sumber Daya			
3	Jenis Kontrol Energi Penggerak			
4	Jenis Kepala Penekan			
5	Jenis Meja Pengujian			
6	Jenis Profil Chasing			
7	Jenis Profil Rangka Meja			

V3      V1      V2

### Membuat Kombinasi Prinsip Solusi

Tabel 3. Kombinasi prinsip solusi

Prinsip Solusi		1	2	3
Sub Fungsi				
1	Sumber Energi	Manusia	Motor Dc	Motor Ac
2	Jenis Sistem Pernghatar Daya	Sitem Mekanik Manual	Hydraulic	Hydraulic Pneumatic
3	Jenis Kontrol Energi Penggerak	Handle Stir	Tuas	Tombol Power ON / OF
4	Jenis Kepala Penekan	Portable Indentor and Microscope	Chuck Indentor	Chuck Mesin Bor
5	Jenis Landasan Meja	Elevating Screw	Table Automatic Turret	Hand Table Segi4 Ulir
6	Profil Chasing	Plat Baja Hitam	Plat stainless	Plat Baja Bermotif
7	Profil Rangka Meja	Besi Hollow	Besi Siku	Besi Hollow Stainless

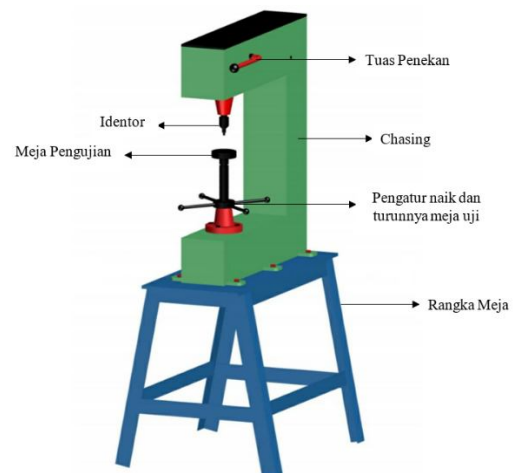
V3      V1      V2

### Hasil Pemilihan Konsep Alat Berdasarkan VDI 2221

Dari hasil perancangan ini meliputi dari hasil evaluasi pemilihan konsep varian yang dipilih yaitu hasil dari penyeleksian varian-varian konsep yang ada, maka terpilihlah konsep varian 1 yakni alat uji kekerasan *Brinell* dan *Rockwell*. Dimana konsep tersebut telah memenuhi kriteria yang perancang inginkan. Mulai dari kemudahan pembuatannya, perakitan, perawatan, dan biaya yang tidak terlalu mahal dan kemudahan untuk diproduksinya

### 3. ANALISA HASIL PERANCANGAN DAN BIAYA

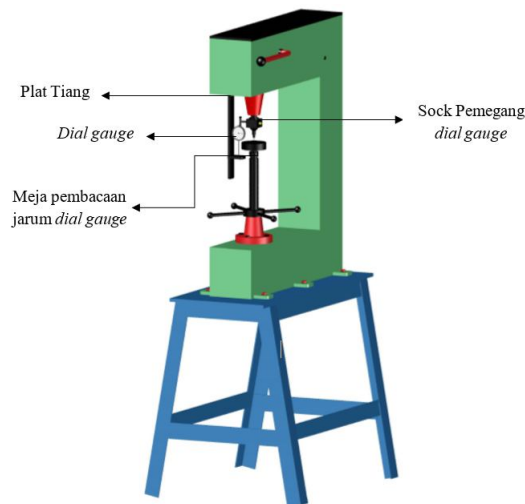
#### Hasil Perancangan Alat Uji Kekerasan Metode *Brinell*



Gambar 4. Hasil perancangan alat uji kekerasan metode *Brinell*

untuk melakukan pembacaan hasil pengujian menggunakan alat bantu yaitu *microscope* skala untuk melakukan pengukuran diameter hasil jejak yang diberikan oleh penekanan indenter berupa bola baja berukuran 2.5 mm.

### Hasil Perancangan Alat Uji Kekerasan Metode Rockwell



Gambar 5. Hasil perancangan alat uji kekerasan metode *Rockwell*

untuk mengukur pembacaan kedalaman hasil jejak penetrasi pengujian dengan indenter *Rockwell* dipergunakan alat bantu berupa *dial gauge*.

### Analisa Hasil Konsep Perancangan Dengan Metode VDI 2221

Dalam penentuan konsep perancangan alat uji kekerasan ini meliputi dari 3 langkah kerja yaitu menentukan fungsi dan strukturnya, mencari prinsip solusi dan menguraikan menjadi varian yang dapat di realisasikan. Perancangan wujud dimulai dengan menguraikan rancangan kedalam modul-modul yang diikuti desain awal dan desain jadi dan dilakukan kedalam tahap pembuatannya, dan juga perancangan rinci yang perancang telah uraikan kedalam bentuk hasil gambar-gambar yang telah perancang uraikan.

### Analisa Biaya

Analisa biaya dalam proses pembuatan alat uji kekerasan ini dimulai dari tahap perencanaan biaya untuk pembuatan alat uji kekerasan dari awal hingga selesai.

Tabel 4. Total biaya pembuatan alat

TOTAL BIAYA KESELURUHAN DALAM MEMBUAT ALAT	
ANGGARAN	TOTAL BIAYA
Biaya Pembelian Plat Besi	Rp. 4.780.000.
Biaya Pembelian Besi As	Rp. 1.855.000.
Biaya Pembelian Kerangka Meja	Rp. 500.000.
Biaya Pembelian Indenter	Rp. 2.000.000.
Biaya Pembelian Alat Instrument	Rp. 1.455.000.
Biaya Pembelian Mur dan Baut	Rp. 428.000.
Biaya Pembelian Bahan Pengecatan	Rp. 2.006.000.
Biaya Pembelian Alat Pendukung Proses Produksi	Rp. 1.964.000.
Biaya Biro Praktek Proses produksi	Rp. 10.000.000.
	Rp. 24.988.000

Hasil dari analisa biaya dalam proses pembuatan alat uji kekerasan metode *Brinell* dan *Rockwell* ini mulai dari pembelian bahan dan proses semua kebutuhan baik proses produksi dan penyediaan bahan-bahan yang dibutuhkan untuk proses pembuatan mekanik-mekanik alat untuk mewujudkan alat uji kekerasan ini hingga selesai dan terwujudnya alat uji kekerasan tersebut, menghabiskan anggaran pembiayaannya sebesar Rp. **24.988.000.-** (Dua Puluh Empat Juta Sembilan Ratus Delapan Puluh Delapan Ribu Rupiah).

### Analisa Biaya Dari Konsep Perancangan

Hasil dari analisa biaya dari konsep perancangan alat uji kekerasan telah memenuhi kriteria sesuai dengan konsep yang telah perancang perkirakan, mulai dari anggaran biaya pembelian bahan dan biaya dalam produksi untuk mewujudkan alat uji kekerasan tersebut. Namun ada kenaikan biaya tambahan dikarenakan dalam konsep perancangan sebelumnya banyak perubahan dalam gambar perencanaannya, meliputi dari model mekanik-mekanik yang akan dibuat seperti bahan meterial baja yang akan digunakan, sehingga dalam proses pembuatannya dibutuhkan biaya

tambahan dan juga harga-harga bahan material untuk kebutuhan produksi dipasaran banyak yang mengalami peningkatan harganya. Namun semua dapat teratasi dengan menimalisir dari pembelian jenis material yang digunakannya. Dengan cara pembelian bahan material yang sesuai dengan harga yang lebih murah untuk di pergunakan, sehingga perancang dapat merealisasikan dan mewujudkannya dengan anggaran biaya sebesar Rp. 24.988.000 untuk terwujudnya “Alat Uji Kekerasan Metode *Brinell* Dan *Rockwell* Skala Laboratorium”.

#### 4. KESIMPULAN

1. Untuk mempermudah dalam proses perancangan gambar dalam membuat konsep alat uji kekerasan ini, perancangan ini menggunakan *Software Autodesk Autocad 2015*.
  2. Dari hasil pemilihan kombinasi-kombinasi maka variasi 1 merupakan konsep bentuk variasi terpilih dan dapat diwujudkan berdasarkan VDI 2221.
  3. Dari hasil analisa pembiayaan untuk pembuatan alat uji kekerasan ini sudah sesuai atau memenuhi dengan kriteria dan persyaratan yang sudah ditentukan perancang.
  4. Alat uji kekerasan yang sudah dirancang sesuai dengan skala laboratorium ini mampu melakukan pengujian dengan menggunakan 2 metode yaitu metode *Brinell* dan *Rockwell*.
- 3) George E, Dieter, Sriatie Japrie, “*Mechanical Metalurgy* “3rd edition. (Jakarta : Erlangga, 2015).
  - 4) G. Henderieckxs. (2014). *Mechanical Properties, Steel Tensile Streeght and Hardnees*. Qoetta; Giotech BV.
  - 5) Pahl, G Dan W,Beitz, 2015 *Engineering Design*, London : *The Design Council*.
  - 6) Pahl,G Dan W.Beitz. VDI 2221 ; 1999” *System Approach to The Development And Design System And Products*”.
  - 7) Shigley, Joseph E, 2015, *Mechanical Engineering Design*, 8 th Ed, New York : Mc. Graw Hill, Co.
  - 8) Tim Laboratorium Metalurgi. 2016 “Modul Praktikum Material Teknik”. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.
  - 9) Yurindra 2017 .*Software Engineering*. 1 peyunt. Yogyakarta : Deepublish.
  - 10) [http : //www.wikipedia.co.id](http://www.wikipedia.co.id) ,Education
  - 11) Website.[http : //www.sniformetals.co.id](http://www.sniformetals.co.id) ,Hardness Metals Indonesian Nations Standar 2017.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1) Andrew J, Wodohouse, William Jl. 2017. *Information use in conceptual design: exsting taxonomies and new approaches*. *International Journal of Design*.
- 2) B.J.M Beuner, B.S Anwir/Matondang, “ Pengetahuan Bahan “ 3rd edition. (Jakarta : Bhrata Karya Aksara, 2016)