

STUDI PEMBUATAN SPESIMEN MINI UJI TARIK DENGAN TEKNIK *BLANKING/PUNCHING*

Antonio Gogo

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN

ABSTRAK

STUDI PEMBUATAN SPESIMEN MINI UJI TARIK DENGAN TEKNIK *BLANKING/PUNCHING*.

Telah dilakukan studi pembuatan spesimen mini uji tarik dengan teknik *blanking/punching*. Tujuan dari studi ini adalah untuk memperoleh informasi-informasi teknis yang akan digunakan untuk merancang rangkaian *dies* spesimen mini uji tarik. Uji tarik dengan spesimen mini merupakan bagian dari program investigasi efek radiasi terhadap material komponen reaktor, di Instalasi Radiometalurgi. Metoda yang dilakukan dalam pengkajian ini berupa kombinasi studi literatur dan peninjauan di lapangan. Informasi-informasi teknis tersebut mencakup proses *blanking*, bentuk dan dimensi dari spesimen mini uji tarik, daya *blanking* (kapasitas mesin preSS), material, serta suaian (*clearance*) antara *punch* dan *dies*. Spesimen mini uji tarik jenis *sheet type spesimen* dengan *pin loaded* dapat dijadikan kandidat (Gambar-1, [c]). Daya *blanking* merupakan perkalian *shear strength* material yang dipotong ($0,7 \times \text{UTS}$, *Ultimate Tensile Strength*) dengan luasan permukaan potong (tebal \times keliling dari bagian yang dipotong). Material dapat berupa logam keras seperti baja A533 B (UTS 656 MPa), baja nirkarat 316 sebesar (UTS 593 MPa) dan *Zircaloy-4* (UTS 473 MPa) dan paduan Aluminium seperti Al-6061 (T6, UTS 311 MPa) dan Al-5052 (H38, UTS 335 MPa). Suaian antara *punch* dan *dies* berpengaruh terhadap kepresisian hasil *blanking*. Besar suaian bervariasi dari 1% s/d 10% dari tebal lembaran benda kerja. Suaian dari material yang lunak lebih kecil dari material yang keras. Pemolesan terhadap permukaan spesimen mini uji tarik dapat dilakukan untuk menghilangkan *burrs* setelah proses *blanking*. Disarankan untuk penggunaan satu rangkaian *dies* dengan beberapa material uji (baja A533 B, baja nirkarat 316, *Zircaloy-4*, Al-5052 dan Al-6061), dapat menggunakan SS-316 sebagai asumsi material dan tebal 1 mm, serta suaian *punch* dan *dies* sebesar 7%.

Kata kunci: *blanking*, spesimen mini, uji tarik,

PENDAHULUAN

Pengkajian desain dan integritas terhadap material-material struktur reaktor nuklir termasuk bahan bakar nuklir, membutuhkan informasi-informasi yang lengkap dan mendalam mengenai degradasi dari sifat-sifat mekanik yang disebabkan iradiasi. Uji material untuk keperluan pengembangan komponen struktur reaktor nuklir yang sesuai standar *American Standard Testing Material (ASTM)* memiliki kendala geometri karena terbatasnya fasilitas iradiasi yang tersedia, limbah uji material teriradiasi, serta keterbatasan pengambilan sampel seperti pada daerah las-lasan. Untuk itu telah dikembangkan teknik uji dengan spesimen mini. Salah satu teknik uji spesimen mini yang telah dikembangkan yaitu untuk uji tarik termasuk perbaikan dari korelasi hasil uji

spesimen mini dengan sifat-sifat material yang telah ditentukan melalui metoda *ASTM standard* (*ASTM STP 1204*, 1994). Pembuatan spesimennya dapat dilakukan pada kondisi sebelum di-iradiasi, kemudian dimasukkan kedalam kapsul dan di-iradiasi di teras reaktor untuk jangka waktu tertentu, baru kemudian diuji di fasilitas uji pasca iradiasi. Selain itu ada juga yang pembuatan spesimennya langsung dari material yang sudah teriradiasi, yang dapat dilakukan di dalam *hotcell* dan langsung diuji.

Sub-kegiatan Pengembangan Teknik Uji Pasca Iradiasi (4304-03) di Bidang Pengembangan Radiometalurgi mempunyai program untuk pengembangan teknik uji tarik dengan spesimen mini teriradiasi. Salah satu sasaran untuk tahun 2008 yaitu, pembuatan rancangan *dies* dan *punch* untuk spesimen mini uji tarik untuk kondisi pra-iradiasi. Sebagai tahap awal untuk pencapaian sasaran tersebut, dipandang perlu untuk melakukan studi pembuatan spesimen mini uji tarik dengan teknik *blanking/punching* yang menggunakan rangkaian *dies*. Rangkaian *dies* merupakan komponen utama dari teknik *blanking*, yang terdiri dari *punch*, *dies* berikut komponen-komponen pendukungnya seperti *upper* dan *lower base*, pemegang *punch* dan *die*, *stripper*, *pad*, guide pin, pegas dan lainnya ^[2]. Spesifikasi *punch* dan *die* harus ditentukan terlebih dahulu, baru kemudian spesifikasi komponen-komponen pendukungnya dapat ditentukan. Penentuan spesifikasi *punch* dan *die* tergantung bentuk dan dimensi produk yang diinginkan, materialnya serta tingkat kepresisiannya. Desain dan realisasi dari proses *blanking* masih berdasarkan pengetahuan empirik, sehingga penentuan secara pasti spesifikasi *punch* dan *die* dari satu produk masih bersifat *trial and error*.

Tujuan dari studi ini adalah untuk memperoleh informasi-informasi teknis yang akan digunakan untuk merancang satu rangkaian *dies* yang cukup presisi, dengan satu bentuk dan dimensi dari spesimen mini uji tarik, tetapi dengan tebal dan material yang bervariasi. Dengan demikian tidak diperlukan banyak rangkaian *dies*, sehingga lebih efektif dan dapat menghemat anggaran. Informasi-informasi teknis tersebut mencakup antara lain; bentuk dan dimensi dari spesimen-spesimen mini uji tarik, proses *blanking*, daya *blanking* (kapasitas mesin press), material-material yang diuji dengan spesimen mini uji tarik serta suaian (*clearance*) antara *punch* dan *dies*.

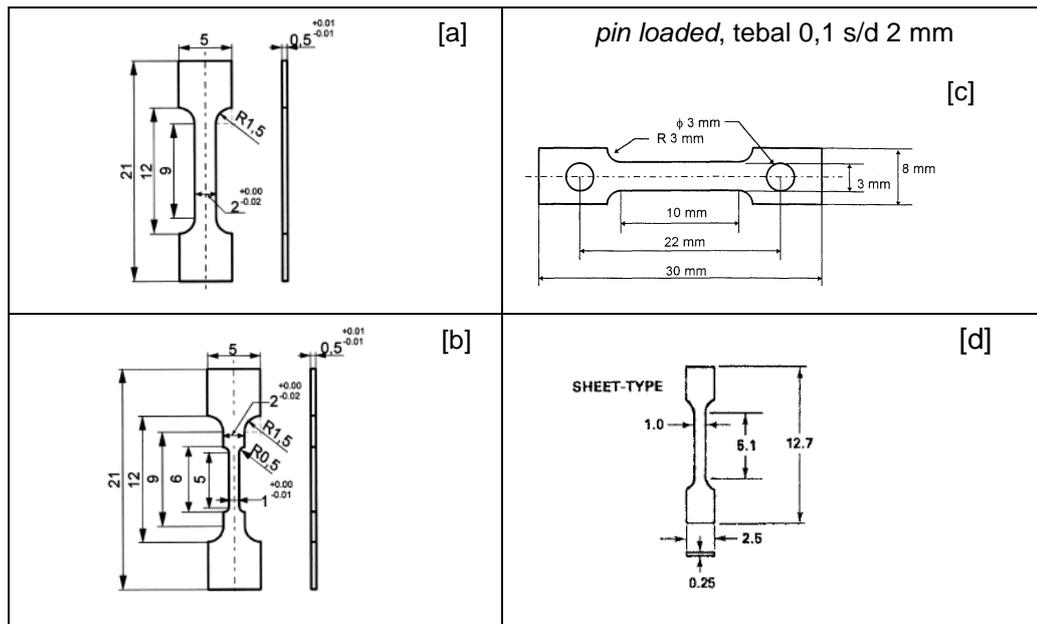
TATA KERJA

Metoda yang dilakukan dalam pengkajian ini berupa studi literatur yang meliputi studi-studi mengenai efek iradiasi terhadap material-material komponen reaktor, ukuran/dimensi spesimen mini uji tarik, uji tarik dan peralatannya, teknik *blanking* dan penunjang lainnya. Juga berupa studi lapangan yang meliputi peninjauan ke perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan rangkaian *dies*.

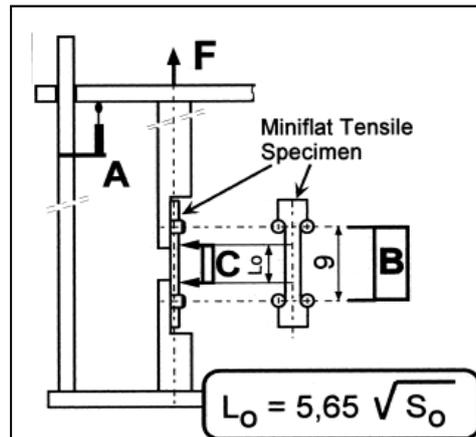
PEMBAHASAN

Bentuk dan Dimensi Dari Spesimen-spesimen Mini Uji Tarik

Terdapat beberapa bentuk dan dimensi dari spesimen mini uji tarik yang telah dilakukan untuk studi efek radiasi terhadap material komponen reaktor. Pada Gambar-1, disajikan beberapa bentuk dan dimensi dari spesimen mini uji tarik yang telah digunakan untuk studi efek iradiasi pada material dari komponen-komponen reaktor. *Pin loaded* (c, Gambar-1) atau *non pin loaded* (a, Gambar-1) dari *sheet type spesimen*, merupakan bentuk yang dapat dipilih dan dapat dilakukan pada mesin uji tarik yang sudah ada di IRM. Semakin kecil ukuran spesimen mini uji tarik, maka akan semakin sulit penanganannya. Jenis *pin loaded* dapat dipilih karena dilakukan dengan modifikasi pada spesimen *holder*-nya lebih sederhana dibandingkan jenis *non pin loaded*. Modifikasi dari pemegang spesimen pada mesin uji tarik dapat dilakukan dengan penambahan panjang dan penyesuaian pada ukuran *pin* atau radius (R) pada spesimen mini uji tarik. Gambar-2 merupakan contoh dari pemegang spesimen mini uji tarik untuk jenis *non pin loaded*. Dari bentuk dan dimensi yang sudah ditentukan, maka keliling dari bagian yang dipotong dapat dihitung. Apabila jumlah spesimen lebih dari satu buah untuk sekali proses, maka keliling total sama dengan hasil perkalian keliling satu spesimen dengan jumlah spesimen per-satu kali proses *blanking*.



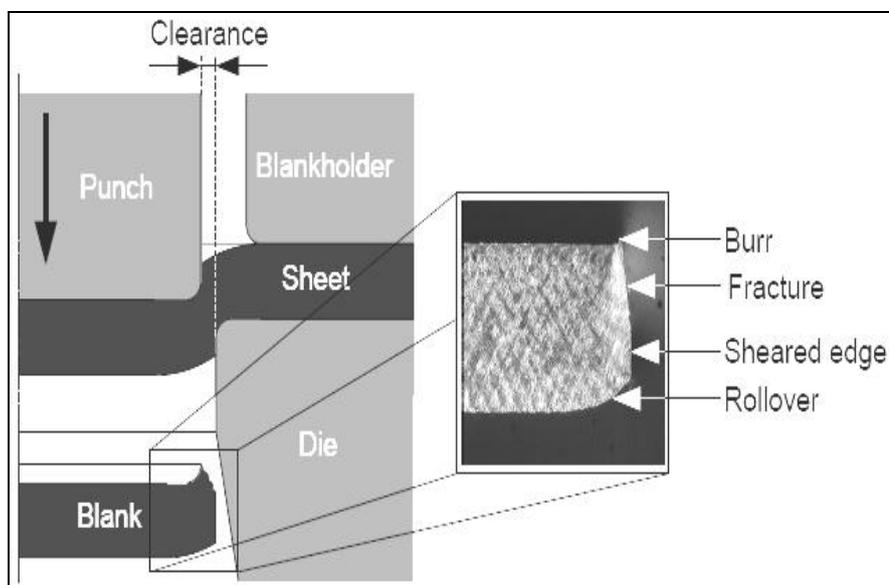
Gambar-1: Beberapa bentuk dan dimensi dari spesimen mini uji tarik (dalam mm)
(a) dan (b) Daftar pustaka [4]; (c) Daftar pustaka [1];
(d) Daftar pustaka [7]



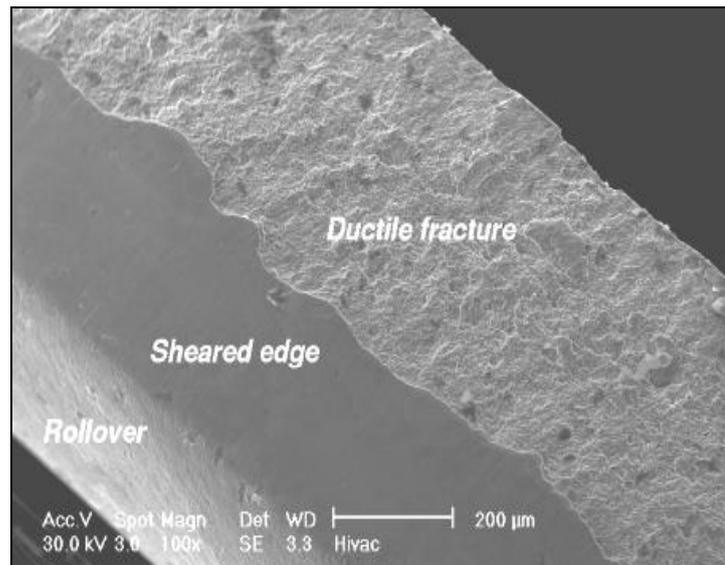
Gambar-2: Metoda yang lain pemegang spesimen mini uji tarik (tanpa pin)^[4]

Proses *blanking/punching*

Teknik *blanking/punching* sangat luas digunakan di industri-industri yang menggunakan lembaran logam (*sheet*) dengan *separation techniques* untuk sistem produksi secara massal. Skema dari proses *blanking/punching* dapat dilihat pada Gambar-3. Lembaran logam ditempatkan pada *die* dan dilubangi (*perforated*) oleh *punch*. Selama proses berlangsung lembaran logam tersebut ditahan oleh *blankholder*, untuk mencegah pembengkokan yang berlebihan dari lembaran tersebut. Kualitas dari produk yang dihasilkan ditentukan juga oleh bentuk dari tepi potong yang diakibatkan dari proses *blanking*. Sebagai contoh bentuk sebenarnya disajikan pada Gambar-3, yang merupakan penampang dari bagian hasil *blanking* (sisi kanan Gambar).



Gambar-3: Skematik proses *blanking/punching* ^[1]



Gambar-4: Gambar SEM dari sisi potong dari hasil blanking baja chrom X30Cr13 ^[1]

Empat zona karakteristik dapat dibedakan pada tepi potong, yang terkait dengan beberapa hal dalam proses ^[1];

1. Sewaktu proses pertama *blanking*, *punch* dan *die* akan masuk ke lembaran material, menarik kebawah beberapa material pada permukaan. Hal ini menyebabkan lembaran benda kerja tertekuk (*bending*) diatas *cutting tools* (*punch* dan *die*), sehingga terbentuk *rollover* (Gambar-3).
2. Pada gerakan *punch* berikutnya terjadi deformasi geser (*shear deformation*) yang menyebabkan lekukan, pembentukan tepi yang tergeser (*sheared edge*) dari produk dengan permukaannya yang halus.
3. Pada beberapa titik dari fasa pemotongan, kegagalan dari sifat ulet material (*ductile material failure*) akan terjadi di sekitar tepi potong dari *punch* atau *die*. Retakan/retakan ini menyebar dalam arah yang berlawanan dengan *cutting tool*, dan kemudian terjadi pemisahan dari produk. Karena terjadi patahan (*fracture*) maka permukaan potong dari produk pada bagian ini lebih kasar dari tepi geser (Gambar-4)
4. Pada lokasi dimana penyebaran retakan bertemu dengan sisi bawah (yang berlawanan) dari lembaran benda kerja, sebuah *burr* dapat selalu diamati.

Parameter kendali utamanya adalah suaian (*clearance*) antara *punch* dan *die* (Gambar-3), yang sangat menentukan hasil dari suatu produk *blanking/punching*. Sisi potong *rollover* sekitar 5% dari tebal pelat, daerah *shear* sekitar 30% dari tebal pelat, daerah patahan sisa dari tebal pelat dan *burr* berpotensi sampai dengan 10% dari tebal pelat (www.sheetmetaldesign.com). Proses lembaran logam yang mengalami *shear*

stress yang dikembangkan antara *punch* dan *die* disebut *shearing*. *Shearing* biasanya dimulai dengan formasi dari retakan-retakan (*cracks*) pada kedua tepi atas dan bawah dari benda kerja. Retakan-retakan ini saling ketemu dan terjadi pemisahan.

Daya Proses *Blanking*

Informasi *shear strength* atau *ultimate tensile strength* dari material spesimen mini uji tarik yang akan dipilih harus diketahui sehingga daya proses *blanking* (F) dari mesin *press* dapat diketahui.

Daya proses *blanking* (F) atau kapasitas mesin *press*;

$$F = 0.7(UTS) * t * L$$

UTS – *Ultimate Tensile Strength* dari benda kerja (*sheet*)

t - tebal

L – total panjang sisi yang dipotong (keliling)

Bila yang dipilih baja nirkarat 316; UTS = 562 Mpa, tebal 1 mm, keliling = 102 mm

$$UTS = 562 \text{ Mpa} = 562.000.000 \text{ pascal} = 5730 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 0,7 \times 5730 \times 0,1 \times 10,2 \text{ (kg)} = 4091 \text{ kg atau } 4,1 \text{ ton}$$

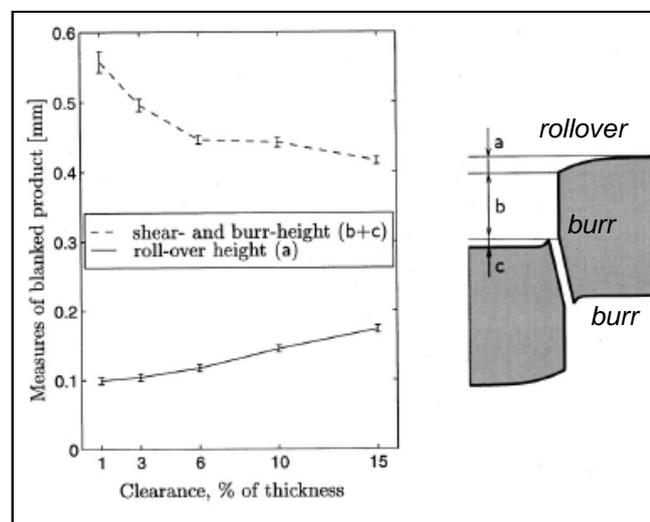
Apabila empat buah spesimen mini untuk satu kali proses *blanking*, maka daya yang dibutuhkan menjadi empat kali lebih besar, F = 16,4 ton

Material-material spesimen mini uji tarik

Spesimen mini uji tarik akan digunakan untuk penelitian efek iradiasi terhadap material komponen reaktor. Beberapa komponen reaktor yang diuji yaitu, bejana tekan reaktor (RPV) atau struktur dari bahan bakar nuklir seperti baja A533B, baja nirkarat 316 dan *Zircaloy-4* [5]. Dari tabel-2 daftar pustaka [5], data UTS A533 B sebesar 595 MPa, baja nirkarat 316 sebesar 562 MPa, dan *Zircaloy-4* sebesar 434 MPa. Untuk pembuatan spesimen mini uji tarik dari material pasca iradiasi tidak sama dengan desain rangkaian *dies* untuk material pra-iradiasi karena nilai UTS material tersebut jauh lebih besar. Untuk reaktor riset material strukturnya dapat pula berupa logam yang lunak seperti paduan aluminium seperti Al-6061 (T6, UTS 311 MPa) dan Al-5052 (H38, UTS 335 MPa) [6]. Dengan variasi material tersebut memang agak sulit dalam mendesain satu rangkaian *dies* yang presisi, yang akan digunakan untuk semua jenis material tersebut. Hal ini berpengaruh terhadap penentuan *clearance* serta material dari *punch* dan *dies*, serta daya potong (kapasitas mesin *press*). Disarankan untuk memilih satu material dengan *shear strength* yang tidak terlalu lunak juga tidak terlalu keras. Baja nirkarat 316 dapat digunakan untuk pilihan nilai UTS (562 MPa), dalam mendesain rangkaian *dies* dan daya potong untuk penggunaan satu rangkaian *dies*.

Clearance antara *punch* dan *dies*

Parameter kendali utama dari proses *blanking/punching* adalah suaian (*clearance*) antara *punch* dan *die*, yang secara umum dipilih dari besaran 1% sampai dengan 10% dari tebal lembaran benda kerja [1]. Pada Gambar-5, berdasarkan hasil eksperimen, terlihat bahwa tinggi dari *roll-over* sangat rendah untuk suaian yang kecil dan menjadi lebih besar untuk suaian yang lebih lebar, sedangkan tinggi *burr* rendah untuk suaian yang besar, dan menjadi lebih besar untuk suaian yang lebih kecil. Ukuran penampang *punch* sama dengan ukuran spesimen mini uji tarik yang diinginkan. Sedangkan ukuran *dies*, sama dengan ukuran penampang *punch* ditambah *clearance* (suaian). Tingkat ketelitian dari hasil *punch* yang diinginkan juga berpengaruh terhadap suaian antara *punch* dan *dies* yang akan ditentukan. Suaian dari material yang lunak lebih kecil dari material yang keras. Suaian yang kecil menyebabkan daya potong yang lebih besar. Suaian yang besar, menyebabkan lembaran material *pinched* (terjepit) dan terjadi *burr* yang berlebihan (penambahan bagian yang tajam pada satu sisi permukaan), lebih dari 10% tebal.



Gambar-5: Hasil eksperimen untuk inisiasi patahan ulet dengan suaian (*punch* dan *die*) yang bervariasi [1]

KESIMPULAN

1. Ukuran dan dimensi spesimen mini uji tarik yang dipilih seperti pada (c), Gambar-3
2. Daya potong, $F = 0.7(UTS) * t * L$

UTS – *Ultimate Tensile Strength* dari benda kerja (*sheet*)

t - tebal

L – total panjang sisi yang dipotong (keliling)

3. Rancangan rangkaian *dies* dapat memilih material baja nirkarat 316, dengan UTS 5730 kg/cm², dengan tebal 1 mm
4. Daya potong untuk proses *blanking* dengan empat spesimen mini uji tarik terpilih sebesar 16,4 ton
5. Besaran suaian antara *punch* dan *dies* untuk penggunaan satu rangkaian *dies*, dengan beberapa jenis material dari spesimen mini uji tarik dapat dipilih antara 1% s/d 10% dari tebal material.

SARAN

Karena masih bersifat empirik, maka masukan desain yang dipilih diharapkan mendekati spesifikasi produk yang diinginkan. Besar suaian antara *punch* dan *dies* dapat dipilih sebesar 7%, dengan asumsi ketelitian terhadap ukuran produknya sebesar 0,1 mm. Kemudian dapat dilakukan pengukuran tingkat ketelitian ukuran terhadap hasilnya. Pengukuran tersebut dapat dilakukan terhadap material Al-5052 dengan ketebalan 1,3 mm dan baja nirkarat 316 atau SS 304 dengan tebal 0,7 mm atau 1 mm. Hal ini mempertimbangkan variasi material yang akan diuji serta kemungkinan variasi dari tebal spesimen mini uji tarik. Juga perlu dilakukan pengamatan serta pengukuran terhadap penampang *burr* dan *rollover* (Gambar-1) yang terjadi, agar dapat ditentukan kedalaman pemolesan terhadap produk *blanking* berupa spesimen mini uji tarik, apabila diperlukan. Saran ini dapat dijadikan spesifikasi utama ke pihak pembuat rangkaian *dies* spesimen mini uji tarik yang diinginkan, yaitu material baja nirkarat 316, tebal 1 mm, suaian *punch* dan *dies* 7% (0,07 mm) dan jumlah untuk sekali proses *blanking* dapat lebih dari satu buah spesimen mini uji tarik.

DAFTAR PUSTAKA

1. DIRK BROKKEN, "Numerical Modelling of Ductile Fracture in Blanking", CIP-Data Library Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1999.
2. ANONIM, "Gambar Disain Rangkaian *Dies* Spesimen Mini", PT. Wulan Teknik, Tangerang 2008.
3. THAK SANG BYUN, et al., "Effect of Spesimen Thickness on the Tensile Deformation Properties of SA508 CL.3 Reactor PreSSure VeSSel Steel", *ASTM STP 1329*, West Conshohocken, PA, 1998.
4. DJORDJE DOBI, EVA JUNGHANS, "Determination of the Tensile Properties of Spesimens With Small Dimensions", *Kovine, Zlitine, Tehnologije* 33, (1996) 6.
5. K. FARRELL, T.S. BYUN, N. HASHIMOTO, "Deformation Mode Maps for Tensile Deformation of Neutron- Irradiated Structural Alloys", *Journal of Nuclear Materials* 335 (2004) 471-486.
6. M.L. HAMILTON, M.B. TOLOCZKO, G.E. LUCAS, "Recent ProgreSS in Shear Punch Testing", *International Symposium on Miniaturized Spesimens for Testing of Irradiated Materials*, Jülich, Germany, 1994.
7. N.F. PANAYOUTOU, et al., "Design and Use of Nonstandard Tensile Spesimens for Irradiated Materials Testing", *ASTM STP 888*, W.R. Corwin and G.E. Lucas, Eds., Philadelphia, 1986, pp. 201-219.
8. ANONIM, Overview, "Small Spesimen Test Techniques", *ASTM STP 1329*, William R. Corwin, Stan T. Rosinski, Eric Van Walle, Editors, West Conshohocken, PA, 1998.