

PENINGKATAN KUALITAS KEKUATAN TARIK BALING-BALING KAPAL KUNINGAN DI INDUSTRI PENGECORAN LOGAM NEGARA KABUPATEN HULU SUNGAI SELATAN

M. Syafwansyah Effendi⁽¹⁾, Muhammad Hasbi⁽¹⁾ dan M. Khafiz Arifin⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Peningkatan kualitas merupakan aktivitas teknik dan manajemen, melalui pengukuran karakteristik kualitas dari produk, kemudian membandingkan hasil pengukuran itu dengan spesifikasi produk yang diinginkan, serta mengambil tindakan peningkatan yang tepat apabila ditemukan perbedaan aktual dan standar. Prosedur ini juga berlaku untuk peningkatan kualitas produk baling-baling kapal aluminium maupun kuningan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas kekuatan tarik produk baling-baling kapal dengan kombinasi level faktor yang berpengaruh untuk meningkatkan kekuatan tarik produk baling-baling kapal khusus dari kuningan dengan pendekatan metode Taguchi.

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan pengetahuan tentang proses produksi pengecoran logam untuk produk baling-baling kapal di Industri kecil Pengecoran Logam Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan.

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik produksi yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan resources seminimal mungkin. Matrik Orthogonal Array yang dipakai adalah $L_9(3^4)$ serta analisis data dengan Oneway ANOVA.

Hasil dari penelitian ini nilai adalah kekuatan tarik yang tertinggi didapat kombinasi level factor 3-1-3-2 dengan kekuatan tarik 134,08 N/mm² yaitu temperatur tuang 750°C, temperatur cetakan 90°C, bahan tambah serbuk batu baterai bekas 2% dan tinggi sedang.

Kata Kunci : Aluminium, Metode Taguchi, Baling-baling, Kekuatan Tarik

1. PENDAHULUAN

Secara geografis, Kabupaten Hulu Sungai Selatan terdiri dari pegunungan yang memanjang dari arah timur ke selatan, sementara dari arah barat ke utara merupakan dataran rendah yang berawa-rawa. Daerah ini dipengaruhi iklim musim basah dan kering dengan curah hujan 178 hari. Topografi yang demikian membuat kabupaten seluas 180.494 hektar ini mengalokasikan pemanfaatan ruangnya menjadi dua bagian besar, yakni kawasan lindung dan kawasan budidaya.

Industri kecil yang punya prospek cerah dan turut mewarnai pertumbuhan perekonomian masyarakat Hulu Sungai Selatan adalah pandai besi, kipas kapal, dan kerajinan imitasi. Berbagai jenis hasil industri itu banyak ditemui di Kecamatan Daha Selatan dan Daha Utara, mulai dari kerajinan barang perhiasan imitasi sampai cor logam/aluminium dan kuningan. Yang terkenal dari daerah ini adalah industri cor logam berasal dari daur ulang bangkai pesawat terbang, maupun barang-barang bekas lainnya, seperti velg sepeda motor, blok mesin kendaraan

dan dll. Sentra produk pengrajin baling-baling kapal ini terdapat di desa penggandingan dengan jumlah unit usaha sebanyak 42 unit dan kapasitas produksinya sekitar 68.800 unit pertahun. Khususnya di Negara, produk yang dihasilkan antara lain baling-baling kelotok (perahu motor), peralatan pertanian, peralatan dapur, dan berbagai bentuk cenderamata dari logam. Namun, semua hasil industri kecil itu terbatas untuk memenuhi pasar daerah setempat. Pemasaran ke luar kabupaten pun baru sebatas ke Kalimantan, Sulawesi, dan Jawa Timur. (Retno Setyowati : 2001)

Berdasarkan hasil penelitian (Murdjani1996) pada industri kecil pengecoran Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan yang meneliti kekerasan baling-baling dari aluminium dan kuningan, dimana untuk aluminium rata-rata kekerasan berkisar 88,888 BHN dan untuk kuningan 39,270 BHN, dimana hasil ini berdasarkan pada perlakuan temperatur penuangan.

Seperti diketahui, bahwa sifat mekanis dari hasil coran baik aluminium maupun kuningan tidak hanya dipengaruhi oleh temperatur tuang saja, dimana waktu penuangan, temperatur ce-

takan dan lain sebagainya juga akan berpengaruh terhadap peningkatan kualitas mekanis baik kekuatan puntir, tarik atau kekerasan.

Sehingga cukup menarik untuk mengkaji lebih dalam serta mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh untuk meningkatkan secara maksimal kualitas baling-baling kapal aluminium dan kuningan ini sesuai dengan kondisi nyata dari industri kecil yang sedang berjalan dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada peningkatan kualitas baling-baling dan mencari kombinasi yang tepat dari faktor-faktor tersebut untuk peningkatan kualitas tersebut.

Para ahli kualitas memberikan definisi kualitas sangat beraneka ragam antara lain: kualitas adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan itu, kualitas dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk pemilihan proses pembuatan, latihan dan pengawasan angkatan kerja, jenis sistem jaminan kualitas (pengendalian proses, uji, aktifitas pemeriksaan dan sebagainya) yang digunakan seberapa jauh prosedur jaminan kualitas ini diikuti dan motivasi kerja untuk mencapai kualitas (Montgomery, 1991).

Peningkatan kualitas merupakan aktivitas teknik dan manajemen, melalui pengukuran karakteristik kualitas dari produk, kemudian membandingkan hasil pengukuran dengan spesifikasi produk yang diinginkan, serta mengambil tindakan peningkatan yang tepat apabila ditemukan perbedaan aktual dan standar. Prosedur ini juga berlaku untuk peningkatan kualitas produk baling-baling aluminium maupun kuningan.

Produk baling-baling kapal aluminium dan kuningan merupakan produk utama industri kecil pengecoran di Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan Kalimantan Selatan. Bahan pembuatan baling-baling disini adalah aluminium bekas dan kuningan, melalui proses pengecoran. Pengguna produk ini adalah angkutan sungai yang banyak tersebar di Kalimantan Selatan khususnya maupun dan juga daerah-daerah lainnya di Indonesia.

Metode proses produksi baling-baling kapal di industri kecil pengecoran Negara merupakan pekerjaan turun-temurun dan sudah menghasilkan kualitas produk beragam terutama untuk kualitas mekanik berupa kekuatan tarik, kekuatan mulur, perpanjangan dan kekerasan permukaannya. Kualitas ini akan bisa diperbaiki/ditingkatkan maksimum dengan melakukan identifikasi faktor-faktor utama maupun kombinasinya yang sangat berpengaruh untuk peningkatan kualitas produk baling-baling kapal ini. Hal ini sangat menarik peneliti untuk melakukan riset perbaikan kualitas produksi ini dengan menerapkan suatu metode yaitu metode *Taguchi*.

Dari Permasalahan yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah faktor-faktor yang dominan mempengaruhi peningkatan kekuatan tarik produk baling-baling kapal kuningan
2. Kombinasi faktor yang mana dari faktor-faktor tersebut dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan produk baling-baling kapal kuningan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan kualitas kekuatan tarik produk baling-baling kapal
2. Menentukan kombinasi level faktor yang tepat untuk meningkatkan kekuatan tarik baling-baling kapal.

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan pengetahuan tentang proses produksi pengecoran logam untuk produk propeller kapal di Industri Kecil Pengecoran Logam Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan yang dilakukan dengan pendekatan Metode *Taguchi*. Sehingga secara khusus dapat memberikan manfaat untuk :

1. Memberikan informasi tentang kombinasi level yang tepat pada proses pengecoran baling-baling kapal sehingga dapat digunakan oleh pengrajin pengecoran logam untuk meningkatkan dan menjaga kualitas produksinya terutama kekuatan tariknya.
2. Menambah wawasan dan pemahaman bagi peneliti dalam merancang dan menganalisa suatu percobaan dengan menggunakan Metode *Taguchi*

Urgensi Penelitian

Secara geografis, Kabupaten Hulu Sungai Selatan terdiri dari pegunungan yang memanjang dari arah timur ke selatan, sementara dari arah barat ke utara merupakan dataran rendah yang berawa-rawa. Daerah ini dipengaruhi iklim musim basah dan kering dengan curah hujan 178 hari.

Industri kecil yang punya prospek cerah dan turut mewarnai pertumbuhan perekonomian masyarakat Hulu Sungai Selatan adalah pandai besi, kipas kapal, dan kerajinan imitasi. Berbagai jenis hasil industri itu banyak ditemui di Kecamatan Daha Selatan dan Daha Utara, mulai dari kerajinan barang perhiasan imitasi sampai cor logam/aluminium. Yang terkenal dari daerah ini adalah industri cor logam yang berasal dari daur ulang bangkai pesawat terbang, khususnya di Negara. Produk yang dihasilkan antara lain baling-baling kelotok (perahu motor), peralatan pertanian, peralatan dapur, dan berbagai bentuk cenderamata dari logam. Namun, semua hasil industri kecil itu terbatas untuk memenuhi pasaran daerah setempat.

Seperti diketahui, bahwa sifat mekanis dari hasil coran baik aluminium maupun kuningan

tidak hanya dipengaruhi oleh temperatur tuang saja, dimana waktu penuangan, temperatur cetakan dan lain sebagainya juga akan berpengaruh terhadap peningkatan kualitas mekanis baik kekuatan puntir, tarik atau kekerasan. Sehingga cukup menarik untuk mengkaji lebih dalam serta mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh untuk meningkatkan secara maksimal kualitas baling-baling kapal aluminium dan kuningan ini sesuai dengan kondisi nyata dari industri kecil yang sedang berjalan dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada peningkatan kualitas baling-baling dan mencari kombinasi yang tepat dari faktor-faktor tersebut untuk peningkatan kualitas tersebut.

Ruang Lingkup dan Asumsi Penelitian

Agar penelitian bisa terfokus dengan baik sehingga fokus pada inti permasalahan yang dibahas maka perlu diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada industri kecil pengrajin pengecoran logam di Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan
2. Penelitian dilakukan pada kondisi pengecoran logam secara tradisional
3. Penelitian yang dilakukan disini hanyalah mendapatkan kombinasi level faktor yang berpengaruh meningkatkan kekuatan tarik baling-baling kapal kuningan.

Untuk asumsi yang dikenakan agar memperjelas batasan guna pemecahan masalah adalah :

1. Bahan baku dari kuningan sekrup yang merupakan limbah proses daur ulang dan produk yang dilihat hanya propeller kapal.
2. Tidak membahas masalah campuran komposisi kimia.

2. LANDASAN TEORI

Logam Kuningan

Kuningan merupakan paduan tembaga dengan seng yang paling banyak digunakan karena harganya tidak mahal, mudah dibentuk dan juga mudah untuk melakukan proses permesinan. Kuningan juga memiliki ketahanan terhadap lingkungan yang korosif.

Sifat kuningan sangat bervariasi, kekuatan dan kekerasan bergantung pada paduan dan proses pekerjaan dingin. Walaupun kuningan memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi, ada 2 masalah utama yang harus diperhatikan. Pada paduan kuningan memiliki kadar seng yang sangat tinggi, maka paduan lain yang menyusun kuningan tersebut akan berkurang seiring dengan bertambahnya kadar seng.

Kuningan dengan ukuran butir yang kecil akan lebih ulet dibandingkan dengan kuningan yang memiliki ukuran butir besar. Tetapi butiran

besar ini memiliki permukaan yang lebih halus dan memerlukan sedikit proses pemolesan. Campuran besi pada kuningan akan memperkecil butiran dan memudahkan untuk proses *forging*, tetapi sulit untuk melakukan proses permesinan. Penambahan sedikit kadar silikon akan meningkatkan kekuatan, tetapi kadar silikon tinggi akan mengakibatkan kegetasan, dan menyebabkan reaksi dengan oksigen. Peningkatan nikel akan meningkatkan ketangguhan dan kekuatan logam.

Surdia (1991) menjelaskan bahwa kuningan adalah paduan antara *Cuprum* (Cu) dan *Zinc* (Zn). Biasanya kandungan Zn sampai kira-kira 40%. Kekuatan, kekerasan, dan keuletan paduan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar seng. Kadar seng yang lebih dari 40% akan menyebabkan penurunan kekuatan dan seng juga mudah menguap pada saat dilebur.

Paduan yang merah kekuning-kuningan adalah paduan dengan Zn 40%, sedangkan yang kuning kemerah-merahan adalah paduan dengan Zn 30%. Dalam ketahanan terhadap korosi dan aus, kurang baik dibandingkan dengan Brons.

Kuningan memiliki keunggulan kuat, tahan aus, dan tahan korosi. Akan tetapi harga kuningan jauh lebih mahal dari besi cor, baja dan aluminium. Kuningan yang mempunyai komposisi 60% tembaga dan 40% seng akan mempunyai kekuatan tarik 192 Mpa, kekerasan 40 Hb, titik lebur 1040 °C dan berat jenis 8570 Kg/m³. Kuningan ini sering digunakan pada peralatan yang membutuhkan kekuatan tarik tinggi seperti pembuatan peralatan kapal, roda gigi kecil, peralatan industri kimia.

Coran kuningan dipakai untuk bagian-bagian pompa, logam bantalan, bumbung, roda gigi dan sebagainya, dimana tidak dibutuhkan sifat-sifat yang begitu baik. Kuningan dengan kadar *Tin* 1,0-1,5% disebut kuningan kapal (*Naval Brass*) mempunyai ketahanan tinggi terhadap korosi air garam.

Pengertian Kualitas

Para ahli kualitas memberikan definisi kualitas sangat beraneka ragam antar lain: Kualitas adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan itu, kualitas kecocokan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk pemilihan proses pembuatan, latihan dan pengawasan angkatan kerja, jenis system jaminan kualitas (pengendalian proses, uji, aktifitas pemeriksaan dan sebagainya) yang digunakan seberapa jauh prosedur jaminan kualitas ini diikuti dan motivasi kerja untuk mencapai kualitas (Montgomery, 1990)

Berdasarkan definisi tentang kualitas baik yang konvensional maupun yang lebih strategic,

maka pada dasarnya kualitas mengacu pada pengertian pokok, sebagai berikut :

1. Kualitas terdiri dari sejumlah keistimewaan produk, baik keistimewaan langsung maupun keistimewaan atraktif yang mempengaruhi keinginan pelanggan dan dengan demikian memberikan kepuasan atas penggunaan produk itu.
2. Kualitas terdiri dari segala bentuk yang bebas dari kekurangan dan kerusakan (Vicent Gaspersz, 2002)

Pengertian Kualitas Menurut Taguchi

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi (1940) yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk Robust terhadap noise, karena sering itu sering disebut *Robust Design*.

Dalam metode Taguchi digunakan matrik yang disebut orthogonal array untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari orthogonal array terletak pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen.

Menurut Taguchi, ada dua hal segi umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi pada kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan.

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matrik khusus yang disebut *Orthogonal Array*. Matrik standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting metode *Orthogonal Array* terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input untuk setiap percobaan.

Perancangan Eksperimen Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metode dalam bidang *engineering* yang bertujuan memperbaiki kualitas produk atau proses dalam waktu yang bersamaan untuk menekan sumber daya dan *loss function*, sehingga diharapkan dapat dicapai target dan proses tidak sensitif terhadap faktor Noise.

Suatu teknik untuk mendefinisikan dan menyelidiki semua kondisi yang mungkin dalam suatu eksperimen yang melibatkan multiple faktor disebut desain eksperimen. Dalam hal ini desain eksperimen cukup efektif bila faktor dan

level setiap faktor yang terlibat dalam tiap percobaan relatif kecil jumlahnya, misal terdapat 2 dengan masing-masing 2 level, akan terdapat 2^{15} (32.768) kombinasi yang mungkin. Hal ini tentu sangat tidak efisien dalam hal waktu, biaya maupun tenaga.

Untuk mengatasi ini G. Taguchi mengusulkan suatu teknik untuk mempermudah eksperimen tanpa mengurangi efisiensi dari percobaan. Taguchi melakukan pendekatan dengan *Fractional Factorial Eksperimen* yang standar dan konsisten sehingga meningkatkan efisiensi dari percobaan yang dilakukan. Dia Membangun beberapa *Fractional Factorial Eksperimen* yang digunakan pada berbagai situasi. Pada *Fractional Factorial Eksperimen* ini dipilih beberapa kondisi perlakuan untuk tetap mempertahankan prinsip orthogonal berbagai faktor dan kombinasi.

Tinjauan Penelitian Sebelumnya

Özkan Küçük (2006) dalam penelitian "*Application of Taguchi Methode in the Optimization of dissolution of Ulexite in NH₄Cl Solutions*" dimana tujuan penelitian untuk menentukan kondisi optimal pada proses *ulexite* NH₄Cl.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses *ulexite* NH₄Cl ini adalah temperature reaksi (°C), *solid to liquid ratio* (g.mL⁻¹), Konsentrasi NH₄Cl, ukuran partikel, dan waktu reaksi beserta kombinasi dominannya.

Metode pengolahan data menggunakan Metode Taguchi, *Orthogonal array* dengan L₁₆(5⁴), ANOVA, Rasio S/N dilakukan pula eksperimen awal dan eksperimen konfirmasi. Pengolahan data dilaksanakan untuk mendapatkan pengaruh factor dominan terhadap rata-rata dan terhadap variabilitas

Hasil akhir dari penelitian ini yaitu factor-faktor yang berpengaruh untuk kondisi optimal pada proses *ulexite* NH₄Cl adalah *Solid to liquid ratio*, temperature reaksi, konsentrasi *Amonium chloride*, waktu reaksi dan ukuran partikel. Kombinasi factor pada kondisi optimum pada penentuan nilai parameter adalah temperature reaksi 87°C, *Solid to liquid ratio* 0,05 g.mL⁻¹, waktu reaksi 18 menit, Konsentrasi *Amonium chloride* 4 M dan ukuran partikel 256 µm

K. Palaniradja, N. Alagumurthi, V. Soundararajan (2005) dalam researchnya "*Optimization of Process Variabel in Gas Carburizing Process; A Taguchi Study with Experimental Investigation on SAE 8620 and AISI 3310 Steel*" dimana tujuan research ini adalah untuk mendapat factor-faktor pada optimasi peningkatan kualitas kekerasan permukaan dan kedalaman kasus pada logam SAE 8620 dan material baja AISI 3310.

Faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi peningkatan kualitas kekerasan permukaan dan

mikrostruktur logam SAE 8620 dan material baja AISI 3310 adalah *Holding time*, kandungan karbon, *Carburizing temperature* dan *Quenching time*.

Metode pengolahan data menggunakan metode Taguchi, *Orthogonal Array* $L_9(3^4)$, ANOVA, Rasio S/N, Robust design methode.

Hasil akhir penelitian ini adalah indikasi kombinasi faktor yang mengoptimalkan kondisi proses adalah : Untuk kekerasan permukaan *Holding time* 210 menit, *quenching time* 30 menit, Kandungan karbon 1110-1115 mV, *carburizing temperature* 870-930°C dan untuk mikrostruktur, *Holding time* 195-210 menit, *quenching time* 30 menit, kandungan karbon, 1110-1115 mV, *Carburizing temperature* 870-930°C.

3. METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel yang akan diteliti untuk mengoptimalkan respon secara serentak pada peningkatan kualitas tarik baling-baling kapal adalah :

1. Variabel respon, yaitu :
Variabel respon adalah berupa sifat mekanik kekuatan tarik, dimana variabel ini adalah yang sangat menentukan kekuatan dari baling-baling ini terhadap efek dinamis gaya-gaya yang bekerja saat dioperasikan pada putaran tinggi.
2. Variabel bebas, yaitu :
 - a) Temperatur Penuangan (940°C, 950°C dan 970°C)
 - b) Temperatur Cetakan (60°C, 348°C dan 530°C)
 - c) Jenis Cetakan (Kuningan, Tanah liat dan Besi)
 - d) Bahan Tambah seng (0%, 5% dan 10%)

Langkah-langkah serta identifikasi data variabel serta percobaan

1. Identifikasi Masalah
Tahapan ini merupakan tahap awal dimulainya suatu penelitian, yaitu dengan melakukan penelaahan terhadap objek yang diteliti guna mencari dan menentukan permasalahan yang muncul, kemudian ditetapkan metode yang sesuai untuk memecahkan masalah dalam peningkatan kualitas kekuatan tarik, kekerasan dan puntir produk baling-baling kapal industri pengecoran logam Negara Kabupaten Hulu Sungai Selatan
2. Penetapan Tujuan Penelitian
Penentuan tujuan penelitian ini sangat diperlukan sebagai acuan dasar bagi pelaksanaan penelitian secara keseluruhan. Penentuan tujuan ini dimaksudkan untuk memberikan arahan bagi peneliti agar penelitian ini nantinya akan mencapai hasil

yang diharapkan dan tidak menyimpang atau meluas dari permasalahan dibahas.

3. Studi Kepustakaan
Pada tahap studi kepustakaan dilakukan pengumpulan informasi-informasi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan, baik dari buku panduan, literatur, artikel, jurnal, karya tulis maupun tulisan-tulisan lain yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas. Dari studi kepustakaan ini akan didapatkan teori maupun metode yang tepat untuk digunakan sebagai kerangka berpikir dalam memecahkan permasalahan serta literatur mengenai objek penelitian menyangkut kualitas serta faktor-faktor yang mempengaruhi pada proses pengecoran kuningan
4. Penetapan Karakteristik Kualitas
Setelah diketahui permasalahan yang dihadapi serta dari studi-studi yang telah dilakukan diatas dapat dirumuskan karakteristik kualitas yang diterapkan dalam penelitian ini. Penetapan karakteristik kualitas yang tepat sangat diperlukan supaya hasil eksperimen dapat diterapkan dalam kondisi nyata. Dari hasil pengamatan serta informasi yang diperoleh selama ini diketahui bahwa karakteristik kualitas yang merupakan variabel terikat dari proses produksi baling-baling kapal dengan bahan baku kuningan rongsokan ini adalah kekuatan tarik,
5. Penetapan Level Faktor
Faktor-faktor utama yang berpengaruh tersebut diatas kemudian ditetapkan jumlah dan jenis levelnya. Penetapan levelnya dilakukan dengan mempertimbangkan titik-titik level yang memungkinkan munculnya nilai ekstrim namun masih dapat ditangani oleh teknologi yang ada.
6. Pemilihan *Orthogonal Array*
Setelah diketahui jumlah factor yang berpengaruh beserta levelnya. Berikutnya adalah menyiapkan model desain eksperimen, dimana dalam hal ini menggunakan metode perancangan *Taguchi* yang menempatkan faktor-faktor beserta levelnya ke dalam *Orthogonal Array*. Penentuan jenis *orthogonal array* yang dikehendaki tergantung pada total derajat kebebasan yang dikehendaki.
7. Pelaksanaan Percobaan
Setelah dilakukan pemilihan *Orthogonal Array* dan penempatan faktor beserta levelnya ke dalam array, langkah selanjutnya adalah melakukan eksperimen berdasarkan *Orthogonal Array* tersebut.
Langkah ini terdiri dari persiapan eksperimen, mulai Persiapan peralatan ukur sampai persiapan objek yang akan diteliti, pelaksanaan eksperimen dengan memperhatikan variabel-variabel yang diteliti serta la-

manya eksperimen dan pengambilan data eksperimen. Dari eksperimen ini akan ditempatkan semua data-data informasi yang diperlukan untuk langkah selanjutnya pengolahan data

Pengolahan Data Eksperimen

Pemilihan *Orthogonal Array* berdasarkan pengamatan yang diambil melalui pemilihan faktor kualitas dan level yang sering mempengaruhi kekuatan tarik, maka *Orthogonal Array* yang dipakai adalah : $L_9(3^4)$ (Belavendram, N. :90)

Keterangan :

L = *Orthogonal Array*

8 = Jumlah percobaan kombinasi

2 = Jumlah level yang digunakan

7 = Jumlah Faktor yang digunakan

Tabel 4. Tabel Matrik *Orthogonal Array* $L_9(3^4)$
Hasil Analisa

No	Faktor Kualitas dan Level				S (Fmaks) N/mm^2	S (Fmaks) N/mm^2	Rata - rata N/mm^2
	A	B	C	D	Percobaan 1	Percobaan 2	Σ
1	1	1	1	1	175,05	514,22	344,63
2	1	2	2	2	98,46	98,46	98,46
3	1	3	3	3	196,93	196,93	196,93
4	2	1	2	3	306,34	393,87	350,10
5	2	2	3	1	295,40	295,40	295,40
6	2	3	1	2	350,10	352,29	351,40
7	3	1	3	2	339,16	299,78	319,47
8	3	2	1	3	343,54	371,99	357,76
9	3	3	2	1	306,34	315,09	310,71

Keterangan

No	Faktor Kualitas	1	2	3
1	Temperatur Peleburan ($^{\circ}C$)	940 ⁰	950 ⁰	970 ⁰
2	Temperatur Cetakan ($^{\circ}C$)	60 ⁰	348 ⁰	530 ⁰
3	Jenis Cetakan	Kuningan	Tanah Liat	Besi
4	Bahan tambah seng	0 %	5 %	10 %

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan kualitas kekuatan tarik produk baling-baling kapal berbahan kuningan, yaitu :
 - Temperatur Peleburan (940°C, 950°C, & 970°C).
 - Temperatur Cetakan (dipanaskan sampai dengan 60°C, 348°C & 530°C).
 - Bahan Tambah (Tidak dengan bahan tambah & Bahan tambah seng sebanyak (5% & 10%).

d. Tinggi Ladel (Sentuh).

e. Penanganan Material (Tidak dibersihkan & dibersihkan).

f. Ukuran Material (Ukuran besar & dipotong kecil-kecil).

- Dari data hasil perhitungan S (Tegangan Tarik Maksimum) percobaan 1 = 343,55 N/mm^2 , S (Tegangan Tarik Maksimum) percobaan 2 = 371,99 N/mm^2 , S (Tegangan Tarik Maksimum) rata-rata = 357,76 N/mm^2 . Maka, dapat disimpulkan bahwa rata-rata kekuatan tarik tertinggi dari 9 kombinasi, 4 faktor dan 3 level yaitu 357,76 N/mm^2 . Adalah percobaan sampel ke – 8 dengan kombinasinya yaitu: Temperatur peleburan: 970°C, Temperatur cetakannya 348°C, Menggunakan bahan tambah timah seng 10% dan Jenis Cetakannya adalah kuningan (permanen). Temperatur peleburan : 970°C, Temperatur cetakannya 348°C, Menggunakan bahan tambah timah seng 10% dan Jenis Cetakannya adalah kuningan (permanen).

Saran-Saran

- Melakukan proses produksi dengan kombinasi faktor yang lebih kompleks dan maksimal yang berpengaruh pada peningkatan kekerasan hasil coran
- Menganalisa juga kualitas mekanis yang lainnya misalnya kekuatan puntir maupun mikrostruktur.
- Melakukan penelitian untuk bahan logam kuningan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, W, O, et . al, (1991), *Essential Metallurgy for Engineers*, Terjemahan Djaprie S. Dasar Metalurgi Untuk Rekayasa-wan, PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta
- Bralla, I, James, G, (1986), *Hand Book of Product Design for Manufacturing*, Mc Graw Hill, New York
- Belavendram, N, (1995), *Quality by Design, taguchi Technics for Industrial Exsperimentation*, First Edition, Prentice Hall, London
- Douglas C. Montgomere, (1990), *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons Inc, Washingtong
- Erver H. S. (1988), *Introduction to Physical Metallurgy*, Second Edition, McGraw Hill, New York
- Grant , Eugene L & Leavenqorth Richard S, (1989), "*Pengendalian Kualitas Statistik*" Jilid 1 (Terjemahan), Edisi Keanam, Erlangga , Jakarta
- Heine, Richard, W, (1982), *Principles of Metal Casting*, Second Edition, Mc, Graw Hill, New York.

8. Irwan Soejanto, (2001), *Penentuan Faktor-faktor yang Berpegaruh Terhadap Kekerasan Blok Rem Karet Api dengan Metode Taguchi*, Surabaya, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
9. Julianingsih, Debora Anne Yang Aysia dan Donny Soegianto. (2004). Penentuan Komposisi Bahan Baku Optimal Produk Kecap X Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*, 6(2) : 121-133
10. Julianingsih dan Febrina Prasetyo. (2003). Penentuan Kondisi Pengolatan dan Penyediaan Bumbu Rawon Instan Bubuk Dengan Metode Taguchi, *Jurnal Teknik Industri*, 5(2) : 90-100
11. Khoei, A.R, et al, (1999) , Design Optimisation of Aluminum Rrecycling Process Using Taguchi Methode, *2nd International Conference on intelligent Processing and Manufacturing of Material* 513-518
12. Kapakjian, S, (1989), *Manufacturing engineering adan Technology* , Addison Wesley Publish Company, Massachusettts
13. Küçük Özkan, (2006), Application of Taguchi Methode in the Optimization of Dissolution of Ulexite in NH_4Cl Solution, *Korean J. Chem Eng*, 23 (1), :21 -27
14. Lawrence, Doyle, E, (1969), *Manufacturing Processes and Material for Engineers*, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey
15. Montgomery, Douglan C, (1991), *Design and Analysis of Exsperiment*, Third Edition, John Wiley & Sons, New York
16. Nasier Wiedha Setyanto, (2002), *Identifikasi Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Penyulingan Minyak Daun Cengkih Untuk Meningkatkan Hasil Produksi Dengan Pendekatan Metode Taguchi di Kecamatan Dongko Kaupaten Treggalek*, Surabaya, Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Industri, Institut Sepuluh Nopember.
17. Palaniradja, K et , al, (2005), Optimization of Process Variables in Gas Carburizing Process, A Taguchi Study wity Experimental Investagation on SAE 8620 and AISI 3310 Steel, *Turkish J, Eng, Env Sci*, 29 : 279-284
18. Ross, Philip J, (1996), *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Second Edition, Mc Graw-Hill, New York
19. Taguchi, Genichi, (1989), *Quality Engineering in Production System*, Mc Graw Hill Book Company, Singapore