

Pengembangan Desain Mesin Multi Spindel Pengeboran Untuk Meningkatkan Produktivitas Gabus *Shuttlecock*

Al Fauzi¹, Mahfudz Al Huda^{1,2}

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

²Pusat Teknologi Industri Permesinan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, Indonesia

Email: alfauzi_01@yahoo.com, huda1126@gmail.com

ABSTRAK

Produk Gabus adalah sub-komponen Shuttlecock yang digunakan dalam permainan olahraga bulutangkis. Produk ini dibuat dengan proses pengeboran. Permasalahan yang dihadapi perusahaan UMKM adalah dalam proses produktifitas masih belum mencukupi target yang diinginkan pada proses pengeboran dengan satu spindel. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan desain mesin bor satu spindel menjadi multi spindel untuk meningkatkan produktivitas pengeboran agar mencukupi target yang diinginkan. Dengan metode Karl T. Ulrich dan Steven D. Eppinger yang dilakukan dengan mendesain 3 konsep untuk mengetahui desain manakah yang sesuai dengan kebutuhan target. Hasil dari konsep yang dipilih akan dilakukan pengujian konsep yang dilajut ke desain tingkat sistem dan desain detail. Kemudian akan dibuat prototype nya, sehingga dapat melakukan pengujian prototype dengan metode experimental yang digunakan selama 3 minggu dalam pengeboran. Mesin ini dapat memproduksi 5760 pcs dalam satu shift (8 jam).

Kata kunci: Gabus *Shuttlecock*, Pengeboran, Produktivitas, Pengembangan Desain, Karl T. Ulrich dan Steven D. Eppinger.

ABSTRACT

Cork products are shuttlecock sub-components used in badminton sports games. This product is made by drilling process. The problem faced by UMKM companies is that in the productivity proses is still not enough to meet the desired target in the drilling proses with one spindle. The study was conducted to develop design of one spindle drill machine into multispindle to increase drilling productivity to meet the desired target. With Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger method done by designing 3 concepts to know which design suits the needs of the target. The result of the selected concept will be conducted concept testing that is followed to the system-level design and detailed design. Then the prototype will be made, so that it can do prototype testing with experimental methods as long as 3 weeks in drilling. The machine can produce 5760 pcs in one shift (8 hours).

Keywords: *Shuttlecock Cork, Drilling, Productivity, Design Development, Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger.*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan sektor manufaktur Indonesia sangat bergantung pada produktivitas & kualitasnya. Produktivitas bergantung pada banyak faktor, salah satu faktor utama adalah efisiensi produksi dengan operasi / aktivitas dilakukan dalam industri besar dan industri kecil [1,2]. Produktivitas dapat ditingkatkan dengan mengurangi total waktu pengerjaan, menggabungkan operasi dan lain-lain. Makalah ini membahas perkembangan yang dilakukan untuk pekerjaan serupa yang sedang dipertimbangkan bersama dengan studi kasus industri.

Sistem produksi mesin massal memiliki tujuan khusus untuk meningkatkan produktivitas. Kasus operasi pengeboran, mesin bor multi *spindle*

digunakan karena menghemat waktu dengan mengebor dua lubang pada waktu yang sama. Karena penghematan waktu dalam satu operasi dimungkinkan untuk meningkatkan produktivitas sistem pemesinan [3]. Untuk mencapai keakuratan dalam pengoperasian, jig bor disediakan untuk memandu bor dalam produksi massal. Jika kita membandingkan antara mesin biasa dan mesin tujuan khusus dalam hal waktu, biaya, jumlah langkah yang diperlukan, dan lain-lain.

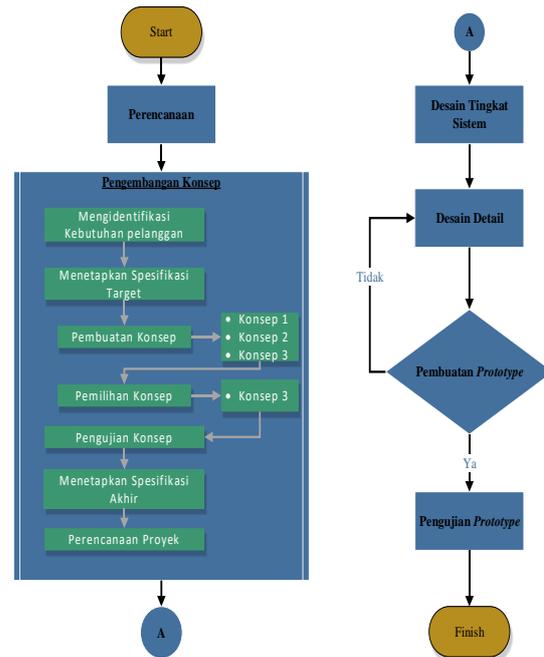
Mesin multi tasking adalah pilihan yang lebih disukai. Kondisi pasar saat ini, pelanggan menuntut produk dengan kualitas yang tepat, kuantitas yang tepat, biaya yang tepat, & pada waktu yang tepat [4]. Penelitian ini dilatar belakangi oleh permintaan Usaha Mikro Kecil

Menengah pada produk gabus *shuttlecock*. Usaha Mikro Kecil Menengah ini ingin meningkatkan produksinya dengan mengoptimasi mesin bor. Maka dari itu dilakukanlah penelitian dengan metode pengembangan desain mesin multi spindel pengeboran untuk meningkatkan produktivitas gabus *shuttlecock*. Oleh karena itu perlu dilakukan peningkatan produktivitas sekaligus kualitas. Salah satu cara untuk mencapainya adalah dengan menggunakan kepala bor multi spindel.

Masalah utama yang dihadapi oleh perusahaan UMKM yaitu proses produksi tidak bisa memenuhi target yang diinginkan dalam satu hari yang memungkinkan harus menghasilkan 5.000 pcs. Hal tersebut mengakibatkan kerugian secara produktivitas maupun ekonomi. Beberapa kemungkinan penyebab terjadinya produksi tidak dapat memenuhi target yaitu spindel yang digunakan masih satu spindel yang mengakibatkan lamanya proses pengeboran tiap satu gabus *shuttlecock* dan susahny mencari operator pengebor gabus sehingga jika ingin mempercepat produksi tidak tercapai. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengembangkan desain mesin bor gabus *shuttlecock* dengan multi spindel yang memungkinkan dapat memproses benda kerja lebih banyak dalam satu siklus. Penelitian ini dilakukan pada workshop sendiri di Tegal. Hasil penelitian yang berupa produk yang dihasilkan meningkat setelah menggunakan mesin yang dikembangkan, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dalam pengeboran Gabus *Shuttlecock*.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan untuk melakukan pengembangan desain Mesin Bor Multi *spindel* yang dibuat berdasarkan langkah dan alur yang jelas. Metode yang digunakan untuk mengembangkan desain Mesin Bor Multi *spindel* adalah dengan metode desain dan pengembangan Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger. Secara alur penelitian ini diantaranya seperti diagram Flow chart pada Gambar 1 [5,6].



Gambar 1 Diagram Alur Metode Penelitian

Metode dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan dalam pengembangan desain adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan dengan mensurvei dan membuat jadwal kegiatan yang akan dilakukan.
2. Mengembangkan konsep mesin bor multi spindel agar memenuhi kebutuhan pelanggan.
3. Melakukan desain tingkat sistem mulai dari arsitektur produk dan bagian komponen penting pada mesin bor multi spindel.
4. Melakukan desain detail mengenai spesifikasi lengkap geometri, bahan, dan toleransi dari semua bagian unik dalam mesin dan identifikasi semua komponen yang akan dibeli dan dibuat.
5. Melakukan pembuatan *prototype* mesin multi spindel.
6. Melakukan pengujian *prototype* mesin multi spindel.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Metode Desain dan Pengembangan Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger Adapun langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan adalah :

1. **Perencanaan diawali oleh permintaan dari pihak Usaha Mikro Kecil Menengah untuk proyek Mesin Bor Gabus Shuttlecock.** Perencanaan dilakukan pada Usaha Mikro Kecil Menengah untuk mengetahui permasalahan yang ada. Salah satunya yaitu masih menggunakan Mesin Bor Gabus Shuttlecock dengan satu spindel. Untuk saat ini kapasitas produksi Mesin Bor satu spindel

dalam satu hari dapat menghasilkan \pm dengan satu operator kerja. Maka dari itu ingin mengembangkan Mesin Bor Gabus Shuttlecock. Setelah mengetahui permasalahan yang ada akan di buat penjadwalan kegiatan. Berikut Gambar 2. Hasil Survei mesin bor satu spindel.



Gambar 2 Mesin Bor Gabus Shuttlecock

2. Untuk memenuhi kebutuhan Usaha Mikro Kecil Menengah dilakukan pengembangan menggunakan mesin bor multi spindel. Maka dari Pengembangan konsep mesin bor multi spindel ini membutuhkan beberapa pertimbangan dalam konsep desain mesin bor multi spindel
3. Desain tingkat sistem mencakup definisi arsitektur produk, dekomposisi mesin menjadi subsistem dan komponen, menentukan dimensi dan material yang akan di gunakan. Adapun mesin ini mempunyai dua dinamo motor, satu di letakan pada belakang spindel untuk menggerakkan perputaran spindel dan kedua terletak di sebelah kiri mesin untuk menggerakkan gearbox.
4. Desain detail mencakup spesifikasi lengkap geometri, bahan, dan toleransi dari semua bagian unik dalam mesin dan identifikasi semua komponen yang akan dibeli dan dibuat. Dalam rencana proses ditetapkan dan dirancang untuk setiap bagian yang akan dibuat dalam sistem mesinnya. Pada tahapan ini akan meliputi beberapa proses seperti :
 - a. Simulasi Desain
 - b. Penentuan Cutting Condition
 - c. Pembuatan Desain Detail
 - d. Spesifikasi Desain
5. Pembuatan *Prototype* mesin bor multi spindel pertama diawali dengan mengumpulkan komponen dan material yang dibutuhkan. sehingga akan menentukan *Bill off Material* nya dan setelah semua material sudah dibuat menjadi komponen selanjutnya dilakukan proses perakitan (*Assembly*).

6. Pengujian *prototype* dilakukan untuk mengetahui apakah Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol dapat berfungsi sesuai kebutuhan yang diinginkan. Dan dalam pengujian mesin bor ini akan dilakukan pengujian dengan melakukan percobaan pengeboran pada produk secara terus menerus. Apakah mesin ini dapat memenuhi target yang dibutuhkan oleh pelanggan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk penelitian diawali langkahnya dengan tahapan Perencanaan, Pengembangan Konsep, Desain Tingkat Sistem, Desain Detail, Pembuatan *Prototype*, Pengujian *Prototype*.

1. Perencanaan (*Planning*)

Pada perencanaan diawali dengan melakukan penjadwalan kegiatan yang akan dilakukan pada perusahaan UMKM mengenai keluhan atau permasalahan yang dialami perusahaan, berikut adalah Tabel 1. Perencanaan Kegiatan.

Tabel 1 Survei Spesifikasi Mesin Bor Manual Gabus Shuttlecock

No.	KEGIATAN
1	Survei Lapangan
2	Mendesain 3 Konsep Mesin
3	Penetapan Desain Konsep Mesin yang dipilih Pelanggan
4	Mendesain Detail Komponen
5	Pembelian Material dan komponen
6	Pembuatan Komponen <i>Prototype</i>
7	<i>Assembly</i> Mesin
8	Pengujian Mesin
9	Penyerahan Mesin Kepelanggan

Pada kegiatan ini akan dilakukan yang pertama mensurvei lapangan melihat permasalahan yang ada pada perusahaan UMKM mengenai hasil produksi terhadap kinerja mesin bor manual gabus shuttlecock ini digunakan untuk mengebor gabus Shuttlecock dengan hasil produk berjumlah satu (1) pcs gabus Shuttlecock dalam satu siklus proses yang membutuhkan waktu 32 detik. Untuk hasil survei produk Mesin Bor Manual Gabus Shuttlecock pada kondisi saat produksi yang dilakukan oleh UMKM sebelum adanya pengembangan desain dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil Produksi pada Mesin Bor Manual Gabus Shuttlecock berikut ini.

Tabel 2. Hasil Produksi pada Mesin Bor Manual Gabus Shuttlecock

No.	Mesin Bor	Jumlah Spindel	Waktu dalam 1 Siklus Per detik (s)	Produk yang dihasilkan (Pcs)	Waktu dalam 1 Siklus Per jam (s)	Total Produk 1 jam (s)	Total Produk 1 hari (8jam) (s)
1	Manual	1	32	1	113	113	900

Dapat dilihat dari data Tabel 2 Mesin Bor Manual Gabus Shuttlecock menunjukkan pada mesin bor manual dengan jumlah satu spindel membutuhkan waktu pengeboran 32 detik dalam satu siklus yang menghasilkan 1 pcs gabus sedangkan dalam waktu 1 jam menghasilkan 113 pcs gabus Shuttlecock sehingga dalam satu hari menghasilkan 900 pcs gabus Shuttlecock.

2. Pengembangan Konsep

Usaha Mikro Kecil Menengah pembuat Shuttlecock membutuhkan mesin yang dapat menghasilkan produk jadi dengan kuantiti yang lebih banyak untuk memenuhi kebutuhan marketnya. Untuk memenuhi kebutuhan Usaha Mikro Kecil Menengah dilakukan pengembangan menggunakan mesin bor multi spindel. Berikut adalah pertimbangan dalam Pengembangan Konsep Mesin Bor Shuttlecock :

- Pertimbangan pada pengembangan mesin menggunakan penggerak hidrolik yaitu dalam penggunaan mesin dapat dengan mudah digunakan dan operator mudah mengatur dalam penentuan kedalaman pengeboran, dan ingin memperbanyak hasil produksi, meskipun dalam mesin tersebut memerlukan investasi yang lebih besar pada pembuatan awalnya.
- Alasan pengembangan mesin menggunakan penggerak pneumatik yaitu paling banyak dipertimbangkan untuk beberapa mekanisasi pada produksi besar, dapat bertahan lebih baik terhadap keadaan-keadaan tertentu, dalam penggunaan juga lebih mudah dan operator mudah dalam mengatur penentuan gerak naik turun untuk kedalaman pengeboran, dan meskipun dalam proses pembuatan tidak memerlukan investasi terlalu besar dibandingkan dengan mesin hidrolik.
- Alasan pengembangan mesin bor yaitu, pertama pemilik usaha ingin memperbanyak hasil produksi, ingin mesin yang sederhana agar tidak terlalu banyak komponen, untuk proses penggunaan agar lebih mudah atau fleksibel bagi karyawan yg belum mengetahui cara kerja mesin tersebut, dan harga yg terjangkau untuk kalangan usaha kecil.

Dalam pengembangan konsep ini ada beberapa langkah proses yang harus dikerjakan dahulu seperti dibawah ini :

1. Mengidentifikasi Kebutuhan Pelanggan

Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dalam pengembangan mesin tersebut. Dengan mengembangkan Mesin Bor satu spindel menjadi multi spindel. Pengembangan mesin multi spindel ini menggunakan komponen yang mudah dicari, daya power yang rendah, dan harga yang terjangkau untuk UMKM. Berikut ini kebutuhan UMKM dalam pengembangan mesin tersebut adalah sebagai berikut :

- Membutuhkan sebuah mesin yang dapat melakukan produktifitas pengeboran dengan jumlah 5.000 pcs dalam sehari.
- Harga mesin yang tidak terlalu mahal sehingga dapat di beli oleh UMKM.
- UMKM menginginkan mesin agar dapat di pindah – pindah sesuai yang diinginkan.
- Untuk konsumsi daya listrik harus kurang dari 5.500 Watt.
- Proses gerak naik turun tidak menggunakan operator.
- Mesin memiliki beberapa spindel.

2. Menetapkan Spesifikasi Target

Dalam Menetapkan Spesifikasi Target pada Usaha Mikro Kecil Menengah ini ingin mempunyai spesifikasi target pada mesin bor multi spindel tersebut. Sehingga dapat ditetapkan beberapa spesifikasi targetnya, yaitu :

- Mesin harus dapat melubangi 700 pcs gabus shuttlecock perjam dan 5.000 pcs gabus shuttlecock dalam satu hari kerja.
- Harga mesin bor multi spindel sekitar 25 juta ±.
- Berat mesin tidak lebih dari 150 Kg.
- Menggunakan 6 spindel.
- Penggerak naik turun menggunakan mekanisme poros engkol.
- Daya yang akan dipakai 3.500 Watt.

Pada poin satu untuk dapat melubangi 700 pcs gabus shuttlecock perjam dan 5.000 pcs gabus shuttlecock dalam satu hari produksi untuk satu mesin dengan satu operator kerja. Berikut ini Tabel 3. Spesifikasi Target Produksi dalam satu hari :

Tabel 3. Spesifikasi Target Produksi

No.	Mesin Bor	Jumlah Spindel	Waktu dalam 1 Siklus Per detik (s)	Produk yang dihasilkan (Pcs)	Waktu dalam 1 Siklus Per jam (s)	Total Produk 1 jam (s)	Total Produk 1 hari (8jam) (s)
1	Manual	1	32	1	113	113	900
2	SPM 1	2	34	2	106	212	1694
3	SPM 2	4	30	4	120	480	3840
4	SPM 3	6	30	6	120	720	5760

Pada tabel diatas akan dibuat grafik mengenai spesifikasi target produksi dari mesin manual yang akan di perbandingkan dengan tiga desain konsep yang akan di buat, dapat dilihat pada Gambar Grafik 3.



Gambar 3 Grafik Spesifikasi Target Produksi

Pada Gambar 3. Grafik Spesifikasi Target Produksi dapat dilihat bahwa untuk Mesin Bor Manual, dengan satu (1) spindel dan menghasilkan satu produk dalam waktu 32 detik sehingga dalam satu hari dapat memproduksi 900 pcs. Untuk Mesin Bor Spesial Purpose Mesin 1 menggunakan penggerak hidrolisk, dengan dua (2) spindel dapat menghasilkan 2 produk dalam waktu 34 detik sehingga dalam satu hari dapat memproduksi 1694 pcs. Selanjutnya untuk Mesin Bor Spesial Purpose Mesin 2 menggunakan penggerak Pneumatik, dengan empat (4) spindel dapat menghasilkan 4 produk dalam waktu 30 detik sehingga dalam satu hari dapat memproduksi 3480 pcs. Dan untuk Mesin Bor Spesial Purpose Mesin 3 menggunakan Putaran Poros Engkol sebagai penggerak, dengan enam (6) spindel dapat menghasilkan 6 produk dalam waktu 30 detik sehingga dalam satu hari dapat memproduksi 5760 pcs. Tahapan selanjutnya yaitu pembuatan konsep.

3. Pembuatan Konsep

Dalam pembuatan konsep dengan mengumpulkan ide – ide dari reverensi yang ada untuk menjawab kebutuhan pelanggan dan target spesifikasi produk, yang kemudian diubah menjadi satu set desain konseptual dan solusi teknologi

yang potensial. Berikut ini adalah tiga (3) konsep Mesin Bor Multi Spindel yang akan dijelaskan desainnya :

a. Konsep 1

Pada Konsep 1 Mesin Bor Multi Spindel dengan Penggerak Hidrolik Menggunakan dua (2) Spindel. Jig digerakan menggunakan metode mekanikal yang mengikuti gerakan naik turunnya spindel.

b. Mesin Bor Multi Spindel dengan Penggerak Pneum

Pada Konsep 2 Mesin Bor Multi Spindel dengan Penggerak Pneumatik Menggunakan empat (4) Spindel. Jig digerakan menggunakan metode mekanikal yang mengikuti gerakan naik turunnya spindel.

c. Mesin Bor Multi Spindel dengan Penggerak Poros Engkol

Pada Konsep 3 Mesin Bor Multi Spindel dengan Penggerak Poros Engkol Menggunakan enam (6) Spindel. Jig digerakan menggunakan metode mekanikal yang mengikuti gerakan naik turunnya spindel.

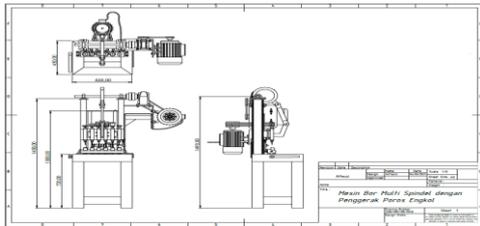
4. Pemilihan Konsep

Pada pemilihan konsep akan dijelaskan dalam Tabel 4. yang menunjukkan keunggulan dan kelemahan tiap mesin.

Tabel 4. Keunggulan dan Kelemahan Mesin dari masing-masing Konsep

No.	Mesin Bor Multi Spindel	Keunggulan	Kelemahan
1	Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Hidrolik dengan Dua (2) Spindel	<ul style="list-style-type: none"> • Suara tidak Bising • Memiliki Life Time yang lama • Sistem Hidrolik lebih efisien • Tenaga Tekan yang Besar • Perawatan yang lebih mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan Investasi yang Besar, Seperti : Oli dan Komponen Pendukung lainnya • Apabila terjadi kebocoran terhadap saluran dan tabung Hidrolik akan menyebabkan kotoranya tempat kerja
2	Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Pneumatik dengan Empat (4) Spindel	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan dalam segi kecepatan dapat diatur • Ketersediaan komponen sudah banyak di beberapa daerah • Mudah dioperasikan • Lebih aman dan tempat kerja bersih 	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan Instalasi peralatan penghasil udara • Mudahnya terjadi kebocoran pada saluran sistem • Mudahnya terjadinya pengembunan pada tabung Pneumatik • Menimbulkan suara bising
3	Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol dengan Enam (6) Spindel	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak memerlukan Komponen Pendukung, Seperti : Peralatan Penghasil Udara dan Gear Pump • Dalam hal kecepatan hampir sama dengan Penggunaan Pneumatik • Biaya Investasi yang Rendah • Lebih aman dan tempat kerja bersih • Mudah dioperasikan 	<ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan tidak dapat diatur sesuai keinginan • Perluanya perhatian khusus terhadap pemuasan pada Poros Engkol

Pada Tabel 4. membahas keunggulan dan kelemahan pada tiap konsep yang akan menentukan konsep mana yang dipilih. Maka dari ketiga konsep tersebut yang terpilih yaitu konsep ke tiga Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol dengan Enam (6) Spindel yang akan dibuat gambar 2D -nya beserta dimensinya, dapat dilihat Gambar Desain Konsep 2D -nya pada Gambar 4. dibawah ini.

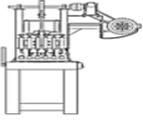


Gambar 4 Desain Konsep Mesin Bor Multi Spindel

5. Pengujian Konsep

Dalam pengujian konsep ini akan menggunakan metode Comparison test dengan membandingkan mesin yang sudah ada dan sudah dipakai oleh Perusahaan Besar dalam bidang Shuttlecock. Dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengujian Desain Konsep dengan Mesin yang sudah ada

No.	Mesin Bor Multi Spindel	Keunggulan	Kelemahan
1	Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol dengan Enam (6) Spindel 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak memerlukan Komponen Pendukung, Seperti : Peralatan Penghasil Udara dan Gear Pump • Dalam hal kecepatan hampir sama dengan Penggunaan Pneumatik • Biaya Investasi yang Rendah • Lebih aman dan tempat kerja bersih • Mudah dioperasikan 	<ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan tidak dapat diatur sesuai keinginan • Perlu perhatian khusus terhadap pelumasan pada Poros Engkol
2	Shuttlecock Stringing Production Machine 	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan dalam segi kecepatan dapat diatur • Ketersediaan komponen sudah banyak di beberapa daerah • Mudah dioperasikan • Lebih aman dan tempat kerja bersih 	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan Instalasi peralatan penghasil udara • Mudah terjadi kebocoran pada saluran sistem • Mudahnya terjadinya pengembunan pada tabung Pneumatik • Menimbulkan suara bising

Pada Tabel 5. melakukan pengujian konsep yang dipilih dengan membandingkan mesin yang sudah ada dengan melihat pada keunggulan dan kelemahannya, sehingga bisa ditentukan bahwa konsep tersebut dapat memenuhi kebutuhan target perusahaan UMKM. Sedangkan perusahaan besar berbeda dengan perusahaan Usaha Mikro Kecil Menengah. Salah satu yang menjadi point utama adalah modal yang dimiliki oleh pengusaha UMKM. Perusahaan Shuttlecock UMKM hanya mengerjakan per sub

komponen saja tidak semua komponen dibuat, berbeda dengan perusahaan besar yang menggunakan mesin yang cukup proposial untuk memproduksi produk secara utuh dalam jumlah banyak.

Melihat dari kebutuhan pelanggan konsep yang memungkinkan dilakukan pengujian adalah Mesin Bor Multi Spindel Shuttlecock dengan menggunakan enam spindel.

6. Menetapkan Spesifikasi Akhir

Berikut adalah spesifikasi yang dibutuhkan perusahaan Usaha Mikro Kecil Menengah :

Tabel 6 Spesifikasi Mesin Multi Spindel

NO.	Spesifikasi Akhir Mesin Multi Spindel	Keterangan
1	Harga Mesin	22 Juta
2	Jumlah Spindel	6 Spindel
3	Penggerak naik turun spindel	Putaran Poros Engkol
4	Berat mesin	97 Kg
5	Tinggi Mesin	145,8 Cm
6	Power Spindel	Menggunakan Motor Listrik 1/4 Hp
7	Power Penggerak	Menggunakan Motor Listrik 1 Hp dengan Penghubung Gearbox
8	Penggerak Jig Gabus	Menggunakan Proses naik turunnya Head Spindel secara Mekanikal
9	Daya Listrik untuk Motor Listrik	3.500 Watt
10	Operator	1 Operator

Pada Tabel 6 menjelaskan mengenai Spesifikasi Akhir Mesin Multi Spindel yang diinginkan Usaha Mikro Kecil Menengah meliputi : Harga Mesin, Jumlah Spindel, Penggerak Naik Turun, Berat Mesin, Tinggi Mesin, Power Spindel, Power Penggerak, Penggerak Jig, Daya Listrik Untuk Motor Listrik, dan Jumlah Operator.

7. Perencanaan Proyek

Dalam kegiatan akhir pengembangan konsep ini, tim membuat jadwal pengembangan terperinci, menyusun strategi untuk meminimalkan waktu pengembangan, dan mengidentifikasi sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Pada Tabel 1. adalah perencanaan awal yang dibuat peneliti.

3. Desain Tingkat Sistem

Dalam desain tingkat sistem Mesin Multi Spindel ini menjelaskan arsitektur produk dan bagian komponen penting pada mesin multi spindel, yaitu meliputi :

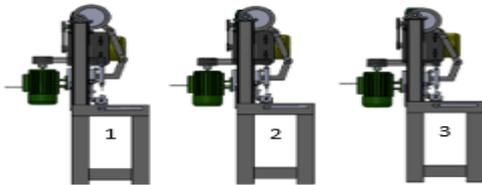
- a. Desain *Frame*
- b. Dua (2) Motor Listrik Penggerak
- c. Skema Kinematik Mekanisme Pengaturan *Feeding Drill*

4. Desain Detail

Dalam tahapan desain detail akan melakukan spesifikasi lengkap. Sebelum masuk ke tahapan selanjutnya akan dilakukan beberapa proses tahapan lainnya, seperti berikut tahapan proses yang akan dilakukan :

- a. Simulasi Desain

Simulasi yang akan digunakan adalah simulasi mekanik apakah seluruh part mekanik yang akan dibuat bersinggungan dengan part yang lain atau tidak. Simulasi part digunakan dengan bantuan Software Solid Work versi 2020, berikut Gambar 5.



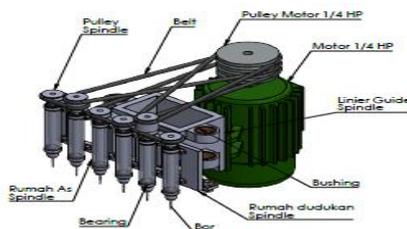
Gambar 5 1. Posisi Atas, 2. Posisi Tengah, dan 3. Posisi Bawah

- b. Penentuan Cutting Condition

Proses Penentuan Cutting Condition, yang meliputi sebagai berikut :

- 1. Menentukan Putaran Spindel

Pada proses pengeboran ini dapat diilustrasikan dengan desain detail Putaran Spindel dengan mata bor berdiameter 2,8 mm, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Putaran Spindel

Untuk mata *drill* yang terbuat dari material HSS (*High Speed Stee*) dengan benda kerja yang akan dilubangi berupa Gabus yang mempunyai nilai *Cutting Speed* 26,38 m/min.

$$N = \frac{v \times 1000}{\pi D}$$

$$N = \frac{26.38 \text{ m/min} \times 1000}{3.14 \times 2.8 \text{ mm}} \tag{1}$$

$N = 2998,93$ (Rotasi per minute)

$N = 3.000 \text{ Rpm}$

Dimana : N = Putaran Spindle (Rpm), v = Cutting Spindle (mm/min), D = Diameter Tools (mm).

- 2. Kecepatan Pemotongan

$f_r = Nf$

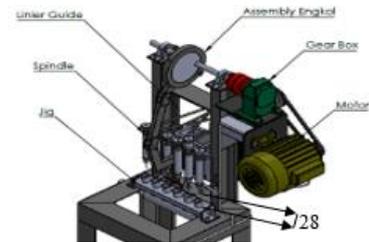
$f_r = 3.000 \text{ Rpm} \times 0,3 \text{ mm/rev}$ (2)

$f_r = 900 \text{ mm/min}$

Dimana : N = Putaran Spindle (Rpm), f_r = Feed Rate (mm/min), f = Feeding in Rotation (mm/rev)

- 3. Waktu pengeboran (*Drilling Time*)

Waktu pengeboran dilakukan dengan jarak atas dengan jarak bawah yaitu 28 mm yang akan diilustrasikan pada Gambar 7.



Gambar 7 Skema Waktu Pengeboran (*Drilling Time*)

$$T_m = \frac{t + A}{f_r}$$

$T_m = \frac{18 \text{ mm} + 10 \text{ mm}}{900 \text{ mm/min}}$

$T_m = \frac{28 \text{ mm}}{900 \text{ mm/min}}$ (3)

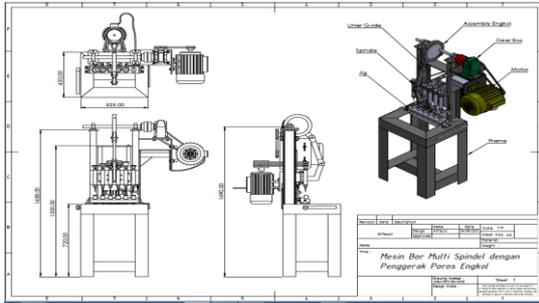
$T_m = 0,03125 \text{ min}$

$T_m = 1,865 \text{ second}$

Waktu Machining pengeboran adalah 1,86 second dalam setiap melubangi 1 lubang pada Gabus Shuttlecock sedangkan dalam Gabus Shuttlecock memiliki 16 lubang, maka dalam pengeboran 1 Gabus Shuttlecock membutuhkan waktu sekitar 29,76 second atau dibulatkan menjadi 30 second.

c. Pembuatan Desain Detail

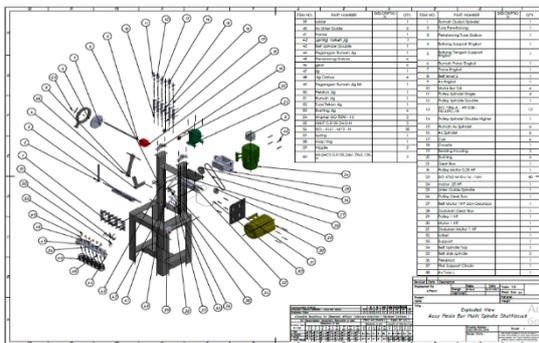
Pembuatan Desain Detail untuk menjadi informasi penghubung antara desainer dengan pihak lain maka desain tersebut di buatkan gambar kerja, gambar kerja ini berbentuk dokumen gambar teknik 2 dimensi. Dalam pembuatan gambar kerja ini, peneliti menggunakan alat bantu software Desain Solid Works 2020. Gambar kerja Desain Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Drawing Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol

d. Spesifikasi Desain

Dalam Desain Detail Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol pada desain mesin akan di bedah tiap komponen sehingga dapat diidentifikasi semua komponennya. Berikut ini adalah list Gambar 9.



Gambar 9 Spesifikasi Desain Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol

Berdasarkan Gambar 9 Desain Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol terdapat 48 komponen.

5. Pembuatan Prototype

Pada tahapan ini setelah melalui desain detail dan mengetahui komponen apa saja yang diperlukan maka akan dibuat prototype untuk Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol. Berikut ini adalah Tabel 7. Bill off Materialnya.

Tabel 7. Bill Off Material

Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol						
No.	Nama Komponen dan Material	Keterangan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Motor Listrik 1 Hp	Beli	Pcs	1	Rp 1.910.000	Rp 1.910.000
2	Motor Listrik 1/4 Hp	Beli	Pcs	1	Rp 380.000	Rp 380.000
3	Gear Box	Beli	Pcs	1	Rp 465.000	Rp 465.000
4	Block Bearing	Beli	Pcs	2	Rp 45.000	Rp 90.000
5	Bearing	Beli	Pcs	6	Rp 10.000	Rp 60.000
6	Joint Coupling	Beli	Set	1	Rp 483.000	Rp 483.000
7	V- Belt	Beli	Pcs	1	Rp 60.000	Rp 60.000
8	Snaren Rond- Belt	Beli	Pcs	6	Rp 30.000	Rp 180.000
9	Drill Chuck	Beli	Set	6	Rp 27.500	Rp 165.000
10	Mata Bor Ø 2.8 mm	Beli	Pcs	6	Rp 19.000	Rp 114.000
11	Pully Motor listrik 1 Hp	Beli	Pcs	1	Rp 55.500	Rp 55.500
12	Oil Nipple	Beli	Pcs	5	Rp 2.500	Rp 12.500
13	Per Pegas	Beli	Pcs	2	Rp 5.000	Rp 10.000
14	As Aluminium Ø 45	Beli	Meter	1	Rp 437.500	Rp 437.500
15	As Kuningan Bronze Ø 45	Beli	Meter	1	Rp 1.520.000	Rp 1.520.000
16	As Kuningan Bronze Ø 30	Beli	Meter	1	Rp 700.000	Rp 700.000
17	As Stainless SUS 316 Ø 35	Beli	Meter	1	Rp 478.500	Rp 478.500
18	Besi Kanal UNP 100x50x8	Beli	Batang	1	Rp 1.310.000	Rp 1.310.000
19	Besi Siku 100x100x8	Beli	Batang	1	Rp 1.125.000	Rp 1.125.000
20	Pipa Besi Ø 35 mm	Beli	Batang	1	Rp 347.000	Rp 347.000
21	Pipa Besi Ø 2.5 Inch	Beli	Batang	1	Rp 286.000	Rp 286.000
22	Besi As Beton Ø 32 mm	Beli	Batang	1	Rp 775.500	Rp 775.500
23	Besi As Beton Ø 28 mm	Beli	Batang	1	Rp 559.000	Rp 559.000
24	Besi As Beton Ø 22 mm	Beli	Batang	1	Rp 265.000	Rp 265.000
25	Besi As Beton Ø 14 mm	Beli	Batang	1	Rp 120.000	Rp 120.000
26	Besi As Beton Ø 12 mm	Beli	Batang	1	Rp 87.000	Rp 87.000
27	Besi Plat Bulat 30 mm x 30	Beli	Buah	1	Rp 270.000	Rp 270.000
28	Besi Plat 30 mm	Beli	Kg	16	Rp 32.000	Rp 512.000
29	Besi Plat 10 mm	Beli	Kg	12	Rp 21.000	Rp 252.000
30	Besi Plat 8 mm	Beli	Kg	10	Rp 19.000	Rp 190.000
Jumlah Total						Rp13.219.500

Pada Tabel 7. Bill off Material menunjukkan harga tiap komponen dan material yang dibutuhkan dengan total Rp. 10.999.500,- harga belum termasuk biaya jasa pembuatan. Kemudian akan dilanjutkan pada proses pembuatan *prototype* yang meliputi Proses Cutting, Proses Bubut, Proses Pengeboran, Proses Pengelasan, Proses Gerinda, dan Proses *Assembly*.

6. Pengujian Prototype

Tahapan terakhir pada penelitian ini yaitu berupa pengujian mesin yang telah dibuat prototype-nya. Pengujian prototype dilakukan untuk mengetahui apakah Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol dapat berfungsi sesuai kebutuhan yang diinginkan. Pengujian mesin bor dilakukan dalam 3 minggu. Berikut ini adalah Gambar 10. Pengujian Pengerboran Pada Gabus Shuttlecock.



Gambar 10 Pengujian Pengerboran Pada Gabus Shuttlecock

Pada Gambar 10. akan dibuat Tabel 8. Adalah Pengujian Kondisi Mesin selama tiga minggu, pengujian dilakukan setiap minggu untuk melihat kondisi terhadap mesin :

Tabel 8 Pengujian Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol

Waktu Pengujian	Kondisi Mesin
1 Minggu	Pada kondisi minggu pertama setelah dilakukan pengujian tidak ada permasalahan, kondisi masih sangat baik, dan performa mesin masih sangat baik terlihat dari produk yang dihasilkan.
2 Minggu	Pada pengujian minggu kedua kondisi mesin dan performa masih baik belum terlihat permasalahan yang cukup serius, mungkin hanya perlu pengecekan pada komponen tertentu, misal pengecekan pada <i>Bushing Jig</i> dan <i>Bushing Linier Guide</i> untuk menambahkan pelumas agar tidak terjadi aus.
3 minggu	Pada pengujian di minggu terakhir dilakukan pengecekan ulang terhadap semua komponen apakah ada komponen yang rusak, jika tidak maka mesin akan dikirim ke Perusahaan UMKM.

Kemudian pengujian selanjutnya mengenai berapa waktu yang dibutuhkan dalam proses satu siklus, berapa hasil produksi dalam satu jam, dan hasil total dalam satu hari kerja atau 8 jam kerja. Apakah mesin ini dapat memenuhi target yang dibutuhkan oleh pelanggan. Berikut ini adalah Gambar 11. Pengujian Pengerboran Pada Gabus Shuttlecock.

**Gambar 11** Pengujian Waktu dalam Satu Siklus

Pada Gambar 11. Mesin bor ini membutuhkan waktu 30 detik untuk satu siklusnya. Dalam satu jam dapat menghasilkan 720 benda kerja. Dan dalam 8 jam dapat menghasilkan 5760 benda kerja. Mesin ini dapat memenuhi target yang dibutuhkan oleh pelanggan. Berikut Tabel 9. Perbandingan Mesin Bor Manual dengan Mesin Bor Multi Spindel.

Tabel 9 Perbandingan Mesin Bor Manual dengan Mesin Bor Multi Spindel

No.	Mesin Bor	Jumlah Spindel	Waktu dalam 1 Siklus Per detik (s)	Produk yang dihasilkan (Pcs)	Total Produk 1 jam (s)	Total Produk 1 hari (8jam) (s)
1	Manual	1	32	1	113	900
2	SPM 3	6	30	6	720	5760

Berdasarkan data dari Tabel 9. perbandingan dapat dilihat dalam jumlah spindel mesin special purpose mesin memiliki 6 spindel jika dibandingkan dengan mesin bor manual hanya

memiliki satu spindel. Sehingga pada hasil produk yang dihasilkan memiliki selisih 5 pcs dan pada akhir dalam total 1 shift menghasilkan 5040 pcs.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengembangan desain, pada mesin multi spindel pengeboran untuk meningkatkan produktivitas gabus *shuttlecock* maka dapat disimpulkan :

1. Dari ketiga konsep yang ada yang dapat mencapai target sesuai dengan kebutuhan pelanggan adalah konsep mesin bor multi spindel dengan penggerak poros engkol. Mesin ini dapat memproduksi 5760 pcs dalam satu shift (8 jam).
2. Hasil dalam pengujian selama tiga minggu kondisi dan performa Mesin Bor Multi Spindel Penggerak Poros Engkol masih sangat baik terlihat dari kualitas produk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. Gawande, and S. P. Trikal, "Development of Multi Spindle Drilling Machine to Enhance the Productivity in Amba Stainless Steel Kitchen Trolley Manufacture, Amravati," International Journal of Science and Research (IJSR) Volume 4 Issue 10, October 2015.
- [2] Asyharudin Wahyu Yudhanto, "Desain Mesin Double Drill Untuk Mempermudah Melubangi Hingge Strip Pada Kelompok Produksi Silent," Math. Educ. J., vol. 1, no. 1, p. 75, 2018.
- [3] P. Sugiri, "Final Project Design of Computer Based Automatic," 2015.
- [4] Bankar, M. B., P. B. Kadam, and M. R. Todkar, "Improvement In Design & Manufacturing Process of Multiple Spindle Drilling Attachment," IOSR Journal of Engineering 3.1, 2013, 38-43.
- [5] Akash Anil Swami, and Prof .Dr. Sudarshan B. Sanap, "Design and Development of Slide and Spindle Unit of Rotary Boring Machine," Jurnal Internasional Riset & Teknologi Rekayasa (IJERT), Vol. 8 Edisi 06, Juni 2019.
- [6] Karl T. Ulrich, and Steven D. Eppinger, "Product Design and Development," Fifth Edition, 2012.