



Perancangan dan Pembuatan *Shuttlecock Launcher* untuk Memenuhi Kebutuhan Pelatihan Olahraga Bulutangkis

Kusnaedi, Tommy Apriantonoi, Didi Sunadi

Sekolah Farmasi, Institut Teknologi Bandung

Info Artikel

Sejarah Artikel :

Diterima Agustus 2018

Disetujui Agustus 2018

Dipublikasikan September 2018

Keywords :

Badminton, Shuttlecock Launcher

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat *shuttlecock launcher* dengan bahan-bahan (material) dan komponen lokal. *Shuttlecock launcher* dibuat dengan memberdayakan kemampuan SDM dari berbagai disiplin ilmu yang ada di Institut Teknologi Bandung. Ruang lingkup penelitian ini terfokus pada perancangan dan pembuatan *shuttlecock launcher* untuk memenuhi kebutuhan alat bantu pelatihan bulutangkis. Proses pembuatan alat ini dilakukan di Laboratorium KK Ilmu Keolahragaan Sekolah Farmasi dan Laboratorium Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara ITB. Sedangkan untuk uji coba dilakukan di Lapangan Bulutangkis GSG ITB. Penelitian ini dilakukan mulai bulan September – Nopember 2011. Subyek penelitian ini adalah material dan komponen lainnya yang berkaitan dengan perancangan dan pembuatan alat ini. Instrumen penelitian *shuttlecock launcher* ini mengacu pada sistem kerja secara fisika dan mekanik. Keunggulan dari alat ini adalah dapat menembakkan shuttlecock dengan keandalan yang baik ; dapat menembakkan *shuttlecock* dengan kecepatan maksimum 150 km/h; memiliki massa struktur total dibawah 20 kg; memiliki biaya produksi yang murah; memiliki *feeding* satu *shuttlecock* per-dua detik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *shuttlecock launcher* tersebut dapat menghasilkan *feeding speed* yang tinggi dan kecepatan pelontaran yang memenuhi kriteria kebutuhan.

Abstract

This research was conducted to design and build a shuttlecock launcher using local materials and components. The shuttlecock launcher was constructed by taking advantage of the various scientific skills of human resources at Institut Teknologi Bandung. The research focused on the design and construction of shuttlecock launcher as a training aid for badminton trainers. This device was constructed in the research group (KK) of Sport Sciences Laboratory of the School of Pharmacy and Machinery and Aeronautics Faculty Laboratory at ITB while the experiment was conducted in Badminton Arena, GSG ITB. The research started from September to November 2011. The subjects of this research were the materials and other components related to the design and construction of the device in accordance to physical and mechanical work system. The advantages of this device are; able to shoot shuttlecock with high accuracy; able to shoot shuttlecock at the maximum speed of 150 km/h; having total mass of the structure of less than 20 kg; low production cost; having feeding speed of one shuttlecock per-two seconds. From this research, it can be concluded that of this shuttlecock launcher results high feeding and launching speed that meets the criteria needed.

PENDAHULUAN

Salah Kegiatan olahraga prestasi menekankan pada prestasi dan keunggulan manusia dalam menggunakan pikiran, kekuatan fisik dan mental serta kemahiran dalam menggunakan alat dan perlengkapan (Wiranto Arismunandar, 1993). Sesuai dengan keterangan tersebut, perlu peranan dalam pembangunan keolahragaan tersebut secara optimal. Sejarah membuktikan bahwa Indonesia merupakan gudangnya para atlet bulutangkis kelas internasional, namun sejarah tersebut sudah mulai luntur yang diawali oleh menurunnya prestasi bulutangkis kita di beberapa event kejuaraan baik tingkat Asia maupun tingkat internasional. Bahkan saat ini dapat dikatakan bahwa para atlet bulutangkis kita menempati ranking di bawah dunia. Ini menandakan bahwa perlu adanya inovasi yang meliputi sistem pembinaan, metodologi latihan, serta penggunaan teknologi olahraga secara optimal.

Penggunaan dan pemanfaatan teknologi olahraga, khususnya peralatan latihan bulutangkis, di Indonesia tertinggal jauh oleh negara-negara lain, hal ini disebabkan oleh terbatasnya sumberdaya pelatih yang memiliki wawasan luas akan pentingnya penerapan teknologi olahraga dalam proses latihan. Disamping itu faktor lainnya adalah kelangkaan perangkat latihan yang berbasis teknologi elektrik. Perangkat dimaksud salah satunya adalah *shuttlecock launcher*. *Shuttlecock launcher* merupakan alat pelontar *shuttlecock* yang sewaktu-waktu dapat berfungsi menggantikan peran pelatih dalam metode latihan teknik tertentu dalam jangka waktu yang cukup lama. Kemampuan pelatih dalam memberikan umpan dalam kecepatan dan sudut yang konstan diyakini tidak dapat dilakukan dalam waktu yang relatif lama hal ini disebabkan kondisi manusia yang terbatas dalam hal penyediaan energi dan konsentrasi dalam memberikan umpan. Oleh sebab itu diperlukan peralatan pelontar *shuttlecock* yang dapat menggantikan peran pelatih dengan kualitas yang tidak jauh berbeda dengan peralatan sejenis yang didatangkan secara impor.

Perancangan dan pembuatan *shuttlecock launcher* untuk memenuhi kebutuhan pelatihan olah raga bulutangkis ini merupakan suatu program kegiatan terpadu untuk meyakinkan bahwa *shuttlecock launcher* ini sangat berpengaruh terhadap *timing*, reaksi dan *skill* atlet bulutangkis. Hal ini terkait hubungan antara tingkat penguasaan teknik pukulan dengan prestasi atlet. Dari perancangan dan pembuatan *shuttlecock launcher* ter-

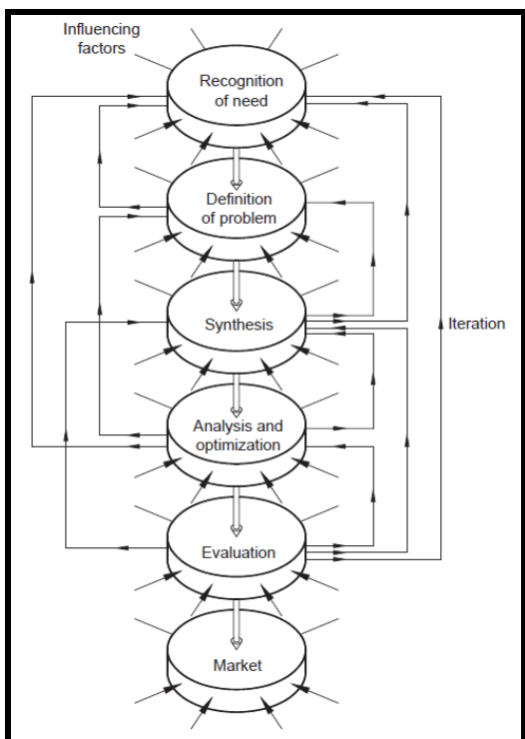
dahulu telah diketahui bahwa alat tersebut sangat berpengaruh terhadap prestasi atlet bulutangkis. Dari hasil perancangan dan pembuatan *shuttlecock launcher* yang dibuat di negara China pada tahun 2004, sangat berpengaruh tinggi terhadap prestasi atlet bulutangkis Cina. Berbagai kejuaraan internasional baik beregu maupun perorangan, negara China yang selalu menjadi juara. Pada bulan September 2010 ini dalam kejuaraan Super Seri China International, semua disapu bersih oleh Cina. Dari lima partai yang dipertandingkan, 3 partai terjadi *all-China final*. Selain itu, negara yang saat ini selalu membayangi Cina adalah Korea. Ternyata Koreapun sudah menggunakan *shuttlecock launcher* dalam program pelatihan cabang olahraga bulutangkis.

Perancangan dan pembuatan *shuttlecock launcher* ini akan memberikan pemahaman dan ilmu pengetahuan mengenai pengaruh penggunaan *shuttlecock launcher* terhadap kemampuan skill atlet bulutangkis di tingkat daerah (Pelatda) maupun tingkat Nasional (Pelatnas). Dari hasil pengamatan tim perancangan dan pembuatan *shuttlecock launcher* ini menyatakan bahwa tidak ditemukan klub bulutangkis yang menggunakan *shuttlecock launcher* dalam program pelatihan bulutangkis khususnya di kota Bandung. Hal ini disebabkan karena *shuttlecock launcher* yang dibuat di Amerika dan Cina harganya di atas \$ 10.000. Hampir seluruh klub bulutangkis elit dan semua pengurus daerah di Indonesia mendambakan adanya alat pelontar *shuttlecock* buatan dalam negeri yang kualitasnya tidak kalah jauh dengan buatan luar negeri.

Pembuatan *shuttlecock launcher* dalam penelitian ini dipastikan dapat memenuhi kebutuhan alat bantu latihan bulutangkis bagi para pelatih. Keterbatasan para pelatih dalam memberikan drill secara terus menerus dalam rentang waktu lama dengan frekwensi yang tinggi dapat teratasi dengan menggunakan alat bantu ini. Sementara bagi para pemain alat bantu ini sangat berguna bagi latihan konsistensi dan presisi dalam memukul bola-bola panjang (*lob*) maupun bola-bola pendek (*netting*). Proses perancangan meliputi pengenalan kebutuhan (*recognition of need*), pendefinisian masalah (*definition of problem*), sintesis, analisis, optimisasi dan evaluasi (Childs, 2004). Proses perancangan dapat direpresentasikan secara sistematis seperti yang ditunjukkan gambar 1. Segala bentuk perancangan merupakan bentuk tahapan iterasi kombinasi dari berbagai alternatif solusi yang ada.

METODE

Pada kasus pengembangan produk, aspek kebutuhan dan keinginan pasar merupakan bagian yang vital untuk dianalisis. Dengan menghasilkan produk yang memenuhi kebutuhan pasar secara maksimal maka tingkat penerimaan terhadap produk oleh pasar akan semakin baik. Gambar 2 menunjukkan aktifitas desain pada proses pengembangan suatu produk.



Gambar 1. Proses Perancangan Dengan Tahapan Iterasi (Childs, Peter R.N. (2004), Mechanical Design, Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford)

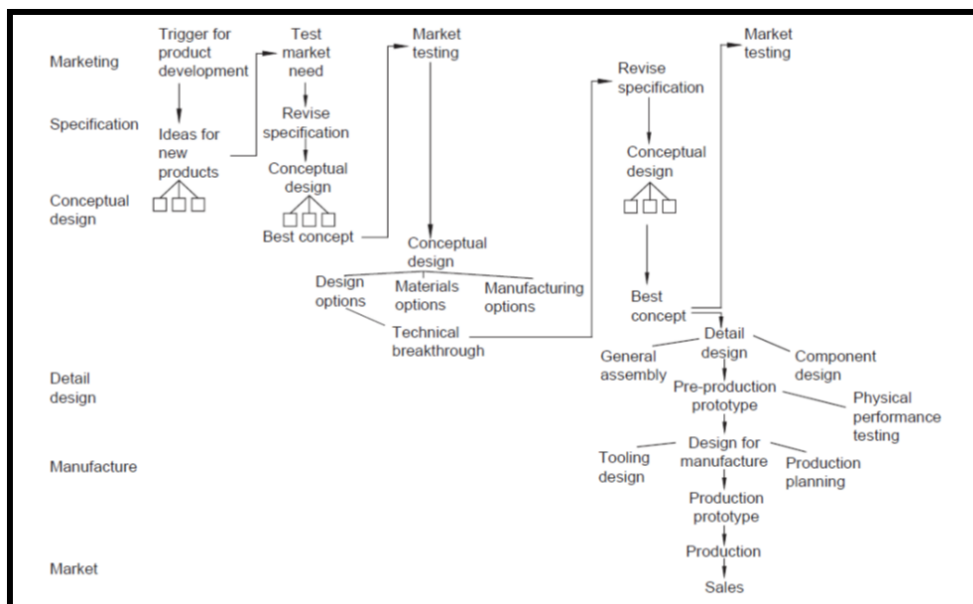
Struktur Mekanik

Motor listrik memiliki berbagai macam jenis. Tiap jenis memiliki fungsi dan tujuan masing-masing. Pemilihan tipe yang tepat untuk suatu aplikasi merupakan bagian penting dalam tahapan penggunaan motor listrik. Gambar 3 menunjukkan berbagai macam klasifikasi motor listrik.

Motor servo merupakan aktuator posisi yang sangat sering dipakai untuk berbagai aplikasi yang memerlukan kepresisian posisi yang tinggi. Motor DC merupakan tipe motor yang cukup sederhana dan memiliki kelebihan dalam tingkat kemudahan untuk pengaplikasiannya. *Motor brushless DC* memiliki tingkat kebutuhan perawatan dan tingkat keausan mekanik yang lebih rendah (Hanselman, Duane C., 1994) dan kemampuan untuk menghasilkan kecepatan yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan motor listrik yang lain. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, *motor brushless DC* memiliki magnet permanen yang ikut berputar dengan kontroler elektronik yang secara kontinu mengubah fase dan kutub dari kumparan yang mengelilingi magnet permanen tersebut (Hanselman, Duane C., 1994).

Beberapa kelebihan *motor brushless DC* adalah (Sclater, Neil & Chironis N. P., 2007):

1. Tidak perlu menukar brush yang aus karena gesekan
2. Motor BLDC tidak menghasilkan percikan api yang berbahaya pada kondisi lingkungan tertentu
3. Interferensi *Magnetik (Electromagnetic Interference)* dapat diminimalisasi dengan mengubah

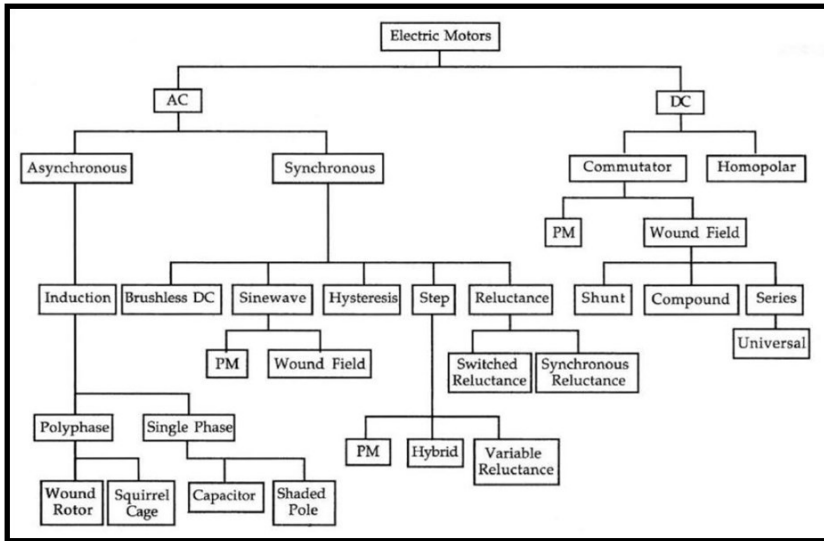


Gambar 2. Aktifitas Desain pada Proses Pengembangan Produk

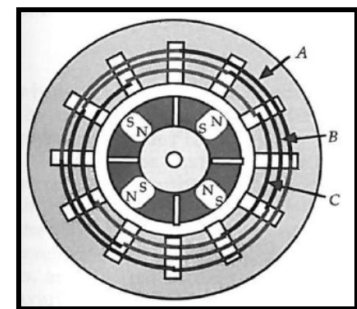
komutasi mekanik dengan komutasi elektronik.

- Motor BLDC dapat berputar dengan kecepatan tinggi (hingga 50000 rpm) yang mana jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan motor DC biasa (5000 rpm).

struktur yang dapat memenuhi safety factor yang layak sangat penting. Tabel 2.1 menunjukkan karakteristik baja yang digunakan sebagai struktur tumpuan. Tabel 2.2 menunjukkan karakter baja sebagai material poros.



Gambar 3. Klasifikasi Motor Listrik



Gambar 4. Mekanisme Motor BLDC

AISI	Tempering temperature, °F	Tensile strength, lb/in ²	Yield strength, lb/in ²	Elongation, % in 2 in	Brinell hardness	Machinability (soft)
1141	400	237,000	176,000	6	461	70
	1000	130,000	111,000	18	262	
1345	400	270,000	240,000	10	530	45
	1000	140,000	124,000	16	310	
4140	400	257,000	238,000	8	510	65
	1000	138,000	121,000	18	285	
4340	400	272,000	243,000	10	520	50
	1000	170,000	156,000	13	360	
6150	400	280,000	245,000	8	538	55
	1000	168,000	155,000	13	345	
8650	400	281,000	243,000	10	525	60
	1000	170,000	153,000	15	340	
9310	400	174,000	150,000	15	390	50

Tabel 1. Karakteristik Mekanik Baja (Rothbart, Harold. & Brown, T. H., (2006), "Mechanical Design Handbook", McGraw-Hill, New York.)

Pembebanan pada suatu material dapat mengalami pemusatan tegangan (notch), karena itu dalam setiap perancangan struktur mekanik yang mengalami beban dinamik (dapat berupa getaran) pemilihan material

Steel grade	Blank diameter (mm)	Hardness (HB)	Mechanical characteristics (N/mm ²)					Coefficient ψ_{τ}
			σ_t	σ_y	τ_y	σ_{-1}	τ_{-1}	
C75	Any	≥ 190	520	280	150	220	130	0.06
35	Any	≥ 207	540	320	160	270	160	0.07
45	Any	≥ 200	560	280	150	250	150	0.05
	≤ 120	≥ 227	820	640	290	360	200	0.09
40X	≤ 80	≥ 260	940	760	390	410	230	0.10
	Any	≥ 200	730	500	280	320	200	0.05
	≤ 200	≥ 240	790	640	380	370	210	0.09
40XH	≤ 120	≥ 270	980	780	450	410	240	0.10
	Any	≥ 240	820	650	390	360	210	0.05
20X	≤ 200	≥ 270	980	785	450	420	230	0.10
	≤ 120	≥ 197	650	400	240	310	170	0.07
12XH3A	≤ 120	≥ 260	930	685	490	430	240	0.10
18XI1T	≤ 60	≥ 330	1180	930	660	500	280	0.12
30XI1T	Any	≥ 270	950	750	520	450	260	0.05
	≤ 120	≥ 320	1150	950	665	520	310	0.12
	≤ 60	≥ 415	1500	1200	840	650	330	0.15
20X2H4A	≤ 200	≥ 321	1270	1080	740	550	330	0.12

Tabel 2. Karakteristik Baja Sebagai Poros

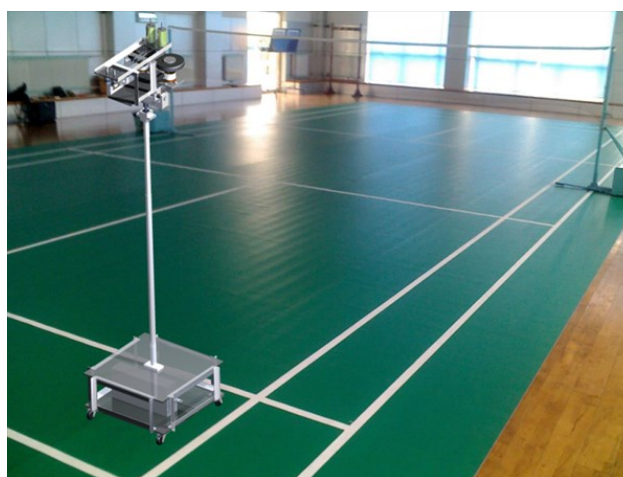
Perancangan

Proses perancangan berawal dari *brainstorming* konsep pelontaran yang dapat diaplikasikan. Konsep yang tercatat meliputi : pelontaran dengan menggunakan mekanisme tepukan, pelontaran dengan menggunakan udara yang dikompresi dan yang terakhir adalah pelontaran dengan menggunakan dua pelat silinder yang diputar berlawanan arah untuk menghasilkan gaya sentrifugal yang kemudian digunakan untuk melontarkan *shuttlecock*.

Konsep yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan metode SWOT (*Strength Weakness Opportunity Threat*) dengan serta mempertimbangkan feasibilitasnya. Analisis ini menghasilkan bahwa metode dengan menggunakan dua pelat silinder sebagai konsep yang terbaik. Proses perancangan dilanjutkan dengan menentukan DRO (*Design Requirement and Objectives*) yang diinginkan.

Setelah tujuan dan konsep yang diinginkan telah jelas, tahap selanjutnya adalah pembuatan model 3 dimensi yang dibantu dengan software CAD (*Computer Aided Design*). Tahapan ini sangat diperlukan untuk menghemat waktu pada proses produksi, dengan menggunakan model 3D, maka dimensi yang diinginkan

akan dengan jelas tergambar dan menyebabkan proses pembuatan dapat dilakukan secara parallel. Gambar 5 menunjukkan hasil rendering model 3D pada pertengahan oktober.



Gambar 5. Hasil Render 3D

Proses perancangan merupakan perpaduan dan kompromi antara tujuan yang ingin dicapai bersama dengan ketersediaan bahan yang ada. Hasil dari perancangan tahap pertama tidak seluruhnya dapat di-

wujudkan, hal ini disebabkan karena keterbatasan waktu dan ketersediaan komponen yang ada di pasar. Pada tahap ini penyesuaian dapat berupa sekedar penyesuaian dimensi hingga perubahan penggunaan material yang pada akhirnya dapat berdampak secara signifikan.

Pembuatan

Untuk mempermudah tahapan dan mempercepat proses pembuatan, maka pembagian modul konstruksi perlu dilakukan. Konstruksi mekanik dibagi menjadi dua bagian :

1. Modul struktur bagian atas, yang mana merupakan komponen inti dari mekanisme pelontaran yang terdiri dari 2 *Motor Brushless DC*, 2 *Motor DC*, 2 *Motor servo* beserta komponen lainnya. Gambar 6 menunjukkan sebagian dari model 3D struktur bagian atas.
2. Modul struktur bagian bawah, yang mana berfungsi untuk memberikan gerakan mengangguk dan menggeleng serta tempat komponen elektronik.



Gambar 6. Sebagian Struktur Atas dan Bawah

Material yang digunakan sebagai silinder pelontar adalah rubber blok yang dibentuk dengan menggunakan cetakan. Dimensi yang didapat dan tersedia di pasar adalah karet dengan diameter 12 cm dengan tebal 3 cm. Untuk menghasilkan tebal 2 cm maka karet harus dibu-

but terlebih dahulu. Gambar 8 menunjukkan gambar mesin bubut yang digunakan. Pada proses pembubutan ini, kualitas pencetakan karet sangatlah berpengaruh, untuk kualitas pemcetakan yang baik maka tidak akan terdapat lobang yang muncul pada bagian dalam karet. Karet kemudian dilubangi dengan menggunakan mesin drill, gambar 7 menunjukkan mesin gurdi yang digunakan untuk membuat lubang pada karet. Untuk mengalirkan daya dari *motor Brushless DC* ke karet diperlukan adapter, adapter dibuat dengan menggunakan material baja yang memiliki kekuatan yang tinggi. Dengan diameter awal 10 cm, material baja dibubut untuk mendapatkan dimensi yang diinginkan, kemudian didrill untuk mengunci gerakan poros terhadap adapter. Gambar 7 menunjukkan motor brushless DC beserta karet dan adapter yang telah jadi.



Gambar 7. Motor BLDC dan Karet



Gambar 8. Mesin Bubut

Base untuk struktur bagian atas menggunakan material akrilik dengan tebal 8 mm, pembentukan lubang baut untuk dudukan motor Brushless DC menggunakan laser dengan ketelitian yang tinggi. Struktur untuk dudukan mekanisme feeding (*motor DC* dan *Motor servo*) menggunakan material aluminium siku yang dipotong dan didrill. Aluminium yang digunakan

pada awalnya memiliki panjang 6 m yang kemudian dipotong dengan gergaji untuk menghasilkan panjang yang diperlukan.

Perakitan dudukan aluminium ini memerlukan metode khusus agar hasil yang dihasilkan dapat sesuai, proses perakitan dilakukan pada meja rata. Gambar 10 menunjukkan meja rata yang digunakan. Mur yang digunakan pada dudukan aluminium merupakan mur tipe n (nilon) yang memiliki tingkat kerekatan yang lebih tinggi daripada mur biasa, hal ini dikarenakan getaran yang muncul akan sangat tinggi sehingga penggunaan mur yang lebih kuat menjadi diperlukan.



Gambar 9. Mesin Gurdi

Poros untuk sumbu pergerakan mengangguk dan geleng terbuat dari baja dengan diameter 10 mm, gambar 11 menunjukkan tahap awal perakitan mekanisme angguk dan geleng. Proses pembuatannya melibatkan proses pembubutan dengan mesin bubut dan pemotongan dengan menggunakan gergaji mesin, gambar 12 menunjukkan gergaji mesin yang digunakan.

Untuk menghubungkan poros dengan base struktur bagian atas digunakan bearing beserta dudukannya yang terbuat dari material duralumin yang proses pembentukannya menggunakan metode *freis* yang alatnya ditunjukkan pada gambar 13. Untuk proses yang memerlukan ketelitian yang tinggi, diperlukan proses *freis* yang NC (*Numerically Controlled*). Gambar 14 menunjukkan alat *freis* NC. Metode *assembly* untuk menyatukan bearing dengan dudukannya menggunakan suaian paksa pada bagian lubangnya.



Gambar 10. Meja Rata



Gambar 11. Mekanisme Angguk dan Geleng



Gambar 12. Gergaji Mesin



Gambar 13. Mesin Freis



Gambar 14. Mesin NC



Gambar 16. Motor Penggerak Geleng

Untuk menghasilkan gerakan anggukan, digunakan motor bermotor gigi cacing 24 V (*wormgear*) yang mana memiliki kelebihan dimana gaya dari luar tidak dapat memutar poros gerakan, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang menahan beban berat. Dudukan motor bergigi cacing ini dibuat dari pelat baja yang dibending 90 derajat. Untuk mengalirkan dayanya digunakan mekanisme rantai-sproket (*chain-sprocket*) yang mana pada bagian drivernya digunakan sprocket biasa dengan jumlah gigi 12 dan pada bagian drivennya digunakan nilon yang dibubut, lalu pengaitan antara nilon dan rantainya menggunakan baut yang sebelumnya telah dipotong terlebih dahulu.



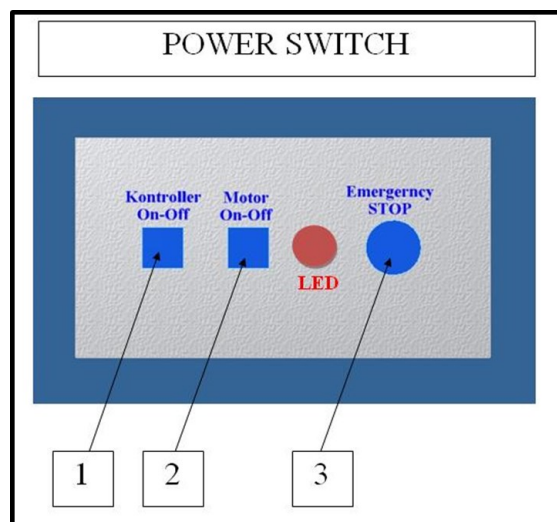
Gambar 15. Motor Penggerak Angguk

Untuk menghasilkan gerakan anggukan, digunakan motor bermotor gigi cacing 24 V (*wormgear*) yang mana memiliki kelebihan

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Petunjuk Pengoperasian

1.1 Menghidupkan *Shuttlecock Launcher*



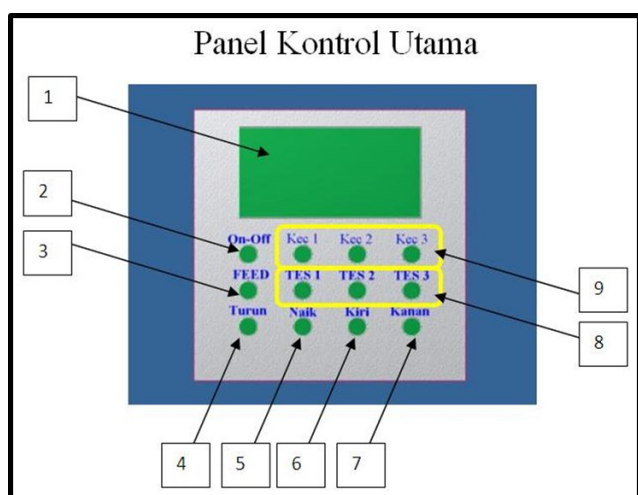
Gambar 17. Main Power Switch

Untuk menghasilkan gerakan gelengan, digunakan motor bergearbox 30 V berukuran sedang. Pengaliran dayanya menggunakan rantai-sproket. Dudukan motor terbuat dari akrilik yang dilubangi sesuai dengan lubang dudukan pada motor.

- * Hubungkan kabel AC (Power Utama) ke sumber listrik AC
- * Tekan tombol MCB untuk menunjukkan angka 1 maka *Power Supply Unit* (PSU) akan hidup dan kipas PSU akan hidup. Tekan tombol 1 (Tombol Kontroller On-Off) dan LCD pada boks kontroller akan menyala.

- * Setelah pengaturan kecepatan lemparan selesai untuk menghidupkan motor maka tekan tombol 2 (Tombol Motor On-Off) dan LED merah di samping tombol menyala menandakan listrik terhubung ke motor.
- * Jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan maka tekan tombol *Emergency Stop*.

1.2. Mengatur Kecepatan Pelontaran



Gambar 18. Main Control Panel

Keterangan Gambar :

1. LCD.
2. Tombol On-Off motor.
3. Tombol pelepas kok.
4. Tombol untuk menurunkan sudut elevasi alat.
5. Tombol untuk menaikkan sudut elevasi alat.
6. Tombol untuk memutar Alat kearah kiri.
7. Tombol untuk memutar Alat kearah kanan.
8. Tombol tes untuk menguji hasil pengaturan kecepatan.
9. Kenob pengatur referensi kecepatan.

1.3. Prosedur Pengoperasian

- * Hidupkan panel kontrol dengan menekan tombol 1 pada *power switch*.
- * LCD akan menyala menandakan listrik tersambung ke panel kontrol.

- * Untuk mengatur referensi kecepatan pastikan motor pada kondisi mati dan keterangan kondisi motor dapat dilihat pada LCD di baris kedua. Jika motor dalam kondisi menyala maka tekan tombol 2 (On-Off).
- * Putar Kenob 1 untuk memberi referensi kecepatan 1, Putar Kenob 2 untuk member 2 referensi kecepatan 2 dan Putar Kenob 3 untuk member referensi kecepatan 3. Untuk Mencoba kecepatan yang diberikan maka tekan tombol tes (Tombol kedelapan) sesuai referensi kecepatan yang diinginkan dengan sebelumnya menghidupkan motor pelampar dengan menekan tombol 2 (*Motor On-Off*) pada *Boks Power Switch*.
- * Tombol empat hingga tujuh di gunakan untuk mengatur arah dari pelontar.
- * Jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan maka tekan tombol *Emergency Stop* pada *Boks Power Switch*.

1.4 Penggunaan Remote



Gambar 19. Remote Controller

Keterangan gambar :

- a. Tombol untuk menaikkan sudut elevasi alat.
- b. Tombol untuk menurunkan sudut elevasi alat.
- c. Tombol untuk memutar *launcher* kearah kiri.
- d. Tombol untuk memutar *launcher* kearah kanan.
- e. Tombol untuk menggerakkan motor pelontar dengan kecepatan 1.
- f. Tombol untuk menggerakkan motor pelontar dengan kecepatan 2.
- g. Tombol untuk menggerakkan motor pelontar dengan kecepatan 3.
- h. Tombol untuk pelepas kok.

2. Troubleshooting

1. Apabila setelah menghubungkan kabel AC ke sumber listrik AC dan menyalakan tombol MCB kipas PSU tidak menyala maka terdapat masalah pada sambungan kabel AC –PSU.
2. Apabila tombol controller on-off telah dinyalakan dan LCD tidak menyala, maka terdapat masalah pada sambungan power supply untuk modul kontrol.
3. Apabila tombol motor on-off telah dinyalakan dan suara indicator BLDC tidak terdengar, maka terdapat masalah pada sambungan power supply untuk modul aktuator.

KESIMPULAN

Metode dengan menggunakan dua cakram yang menjepit gabus *shuttlecock* merupakan metode yang paling optimum untuk menghasilkan perpaduan antara kecepatan pelontaran dan laju pelontaran yang terbaik. Kecepatan shuttlecock yang dapat dihasilkan mencapai 115 km/jam. Sedangkan Kecepatan *feeding* mencapai 1 shuttlecock tiap 2 detik. Disamping itu, *Shuttlecock Launcher* dapat melakukan gerakan menggeleng sebesar 180 derajat dan dapat melakukan gerakan mengangguk sebesar 30 derajat.

REKOMENDASI

Desain mekanik dapat dimodifikasi untuk menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dan hasil keandalan yang lebih baik. Pengembangan selanjutnya dapat memfokuskan pada peningkatan aspek estetika sehingga *shuttlecock launcher* ini dapat lebih maksimal sebagai sebuah produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonsson, Grote, (2008), “Handbook of Mechanical Engineering”, Springer, New York.
- Childs, Peter R.N., (2004), “Mechanical Design”, Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford.
- Hanselman, Duane C., (1994), “Brushless Permanent-Magnet Motor Design”, McGraw-Hill, New York.
- Rothbart, Harold. & Brown, Thomas H., (2006), “Mechanical Design Handbook”, McGraw-Hill, New York.
- Sclater, Neil & Chironis N. P., (2007), “Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook”, McGraw-Hill, New York.