

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pada tahun pelaksanaan penelitian (Tahun 2023), peneliti bersama dengan tim telah menyelesaikan penelitian mengenai rancangan *vibratory ball mill* menggunakan mekanisme *spring-mass system*. Penelitian ini merupakan penelitian dasar dengan Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) pada level 2 yakni pada formulasi konsep dan atau aplikasi formulasi [1]. Pelaksanaan penelitian selama 1 tahun namun demikian berdasar pada peta jalan yang telah dibuat dapat dijelaskan bahwa penelitian ini adalah penelitian awal sehingga proses penyelesaian hingga mencapai tahap penelitian pengembangan membutuhkan waktu beberapa tahun. Peta jalan yang dimaksud ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.



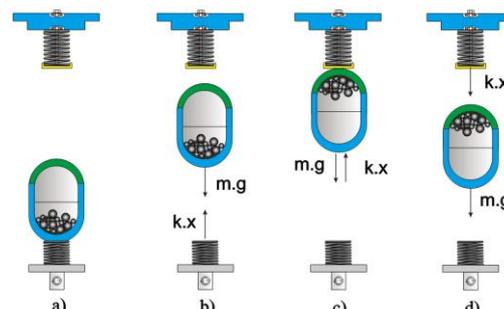
Gambar 1. Peta Jalan Penelitian

*Forced vibratory ball mill* yang dirancang menggunakan penggerak motor listrik yang dihubungkan dengan sistem eksentrik. Sistem eksentrik ini merupakan penggerak utama *vibratory ball mill*. Pemanfaatan gerak translasi sistem eksentrik ini menjadi pemicu gaya yang bekerja pada sistem pegas-massa. Rancangan dasar *vibratory ball mill* ditunjukkan pada Gambar 2.



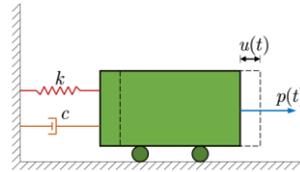
Gambar 2. Sistem utama *forced vibratory ball mill*

Siklus yang terjadi pada mekanisme *vibratory ball mill* dimulai dari kondisi awal (2.a). Gaya eksternal yang berasal dari gerakan eksentrik diaplikasikan pada sistem pegas-massa. Gaya tersebut mendorong tabung (2.b) yang berisi bola baja dan serbuk hingga pada waktu tertentu tabung akan mencapai ketinggian tertentu atau mampu menekan pegas bagian atas (2.c). Gaya dorong tabung terhadap pegas bagian atas menyebabkan pegas memberikan gaya perlawanan hingga mampu mendorong kembali tabung ke bawah (2.d). Siklus mekanisme yang telah dijelaskan tersebut diilustrasikan dalam Gambar 3 berikut.



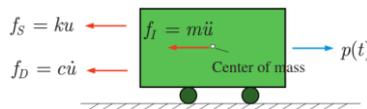
Gambar 3. Mekanisme *vibratory ball mill*.

Analisis awal dilakukan terhadap sistem pegas-massa-damper satu derajat kebebasan (SDOF). Pada sistem ini diaplikasikan sebuah gaya sehingga sistem tersebut terjadi getaran paksa. Ilustrasi sistem getaran paksa SDOF dalam model dinamik yang sederhana [2] ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model dinamik sederhana sistem SDOF.

Model dinamik sistem SDOF yang ditunjukkan pada Gambar 4 terdiri dari sebuah massa kaku dan bergerak dalam arah sumbu  $X_{plus}$  dan  $X_{minus}$ . Sebuah pegas dan peredam menghubungkan massa dengan penyangga yang kokoh. Gaya-gaya yang bekerja pada massa tersebut dapat dijelaskan melalui sebuah diagram benda bebas.



Gambar 5. Gaya-gaya yang bekerja pada massa

Beberapa gaya yang diaplikasikan seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 adalah beban eksternal  $p(t)$ , gaya elastis  $f_s$ , gaya redam  $f_d$ , dan gaya inersia  $f_i$ . Gaya pegas  $f_s$  sangat bergantung pada jarak  $u(t)$  sehingga gaya pegas memiliki persamaan:

$$f_s = ku \dots\dots\dots (1)$$

dengan  $k$  adalah koefisien kekakuan pegas yaitu gaya yang diperlukan untuk mengubah panjang pegas sebanyak satu satuan. Gaya  $f_s$  mewakili gaya elastis struktur yang menahan gerak dan cenderung membawa benda ke posisi awal yang tidak berubah bentuk.

Gaya redaman  $f_d$  juga menahan gerak. Ini mewakili hilangnya energi karena kekuatan disipatif internal atau eksternal. Kekuatan redaman bersifat kompleks. Bentuk redaman yang paling sederhana adalah *linier viscous damping*. Pada *viscous damping*, gayanya sebanding dengan kecepatan sehingga persamaannya adalah:

$$f_d = c\dot{u} \dots\dots\dots (2)$$

dengan  $c$  merupakan koefisien redaman. Gaya ini menyebabkan amplitudo struktur yang bergetar menjadi teredam.

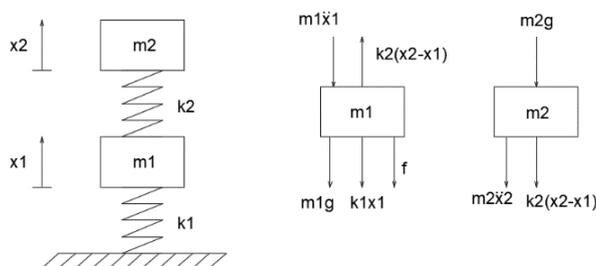
Gaya inersia  $f_i$  bergantung pada massa dan percepatan. Gaya ini menahan laju gerakan benda. Persamaan gaya inersia sesuai hukum Newton kedua seperti berikut ini.

$$f_i = m\ddot{u} \dots\dots\dots (3)$$

Sehingga gerak sistem dapat diformulasikan dalam persamaan berikut ini.

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t) \dots\dots\dots (4)$$

Pada rancangan *forced vibratory ball mill*, pendekatan dilakukan melalui sistem 2DOF. Berikut ini analisis pendekatan yang telah dilakukan. Gambar 6 ditunjukkan sistem 2DOF dengan diagram benda bebasnya.



Gambar 6. Sistem 2DOF dan diagram benda bebas

Sistem yang dirancang merupakan sistem pegas-massa tanpa peredam. Rancangan tersebut menyebabkan analisis sistem 2 DOF yang dilakukan tanpa melibatkan peredam. Variabel sistem dijabarkan dalam persamaan berikut ini.

Tinjauan pada massa pertama.

$$m_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 - k_2(x_2 - x_1) + m_1 g + f = 0$$

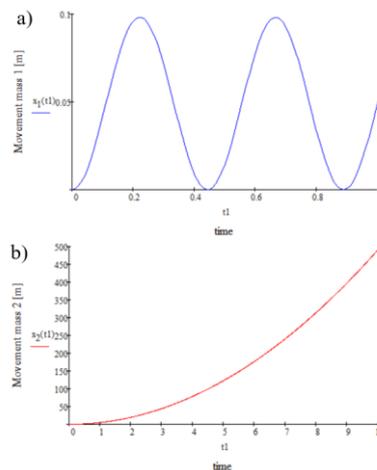
$$\ddot{x}_1 = \frac{1}{m_1} [-k_1 x_1 + k_2 x_2 - k_2 x_1 - m_1 g - f]$$

Tinjauan pada massa kedua.

$$m_2 \ddot{x}_2 + k_2(x_2 - x_1) + m_2 g = 0$$

$$\ddot{x}_2 = \frac{1}{m_2} [-k_2 x_2 + k_2 x_1 - m_2 g]$$

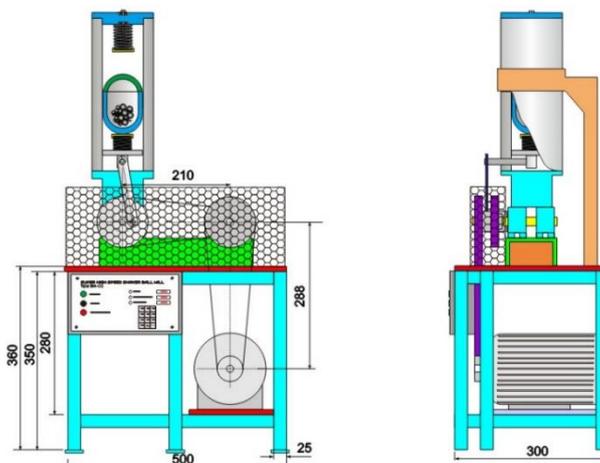
Analisis sistem pegas-massa ini merupakan dasar konsep rancangan *forced vibratory ball mill*. Penyesuaian sistem 2DOF dengan rancangan *forced vibration ball mill* dilakukan dengan meniadakan pegas atau membuat nilai kekakuan menjadi nol. Dengan demikian perpindahan massa 1 akibat gaya eksentrik (gaya paksa) menjadi gaya harmonik. Perpindahan massa 1 tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.a.



Gambar 7. Perpindahan massa 1 dan massa 2

Massa 2 mengalami perpindahan akibat gaya  $k \cdot x$  hingga massa 2 bergerak pada jarak tertentu (7.b). Setelah berada pada titik maksimal massa 2 akan kembali dengan gaya sebesar  $m \cdot g$ . Siklus berikutnya massa 2 akan mendapatkan gaya paksa/eksternal sehingga massa 2 kembali bergerak seperti yang digambarkan pada Gambar 7.b. Massa 2 tersebut pada akhirnya berpindah dan memberikan gaya ke pegas yang diposisikan di bagian atas. Pegas atas ini akan memberikan gaya perlawanan sebesar  $k \cdot x$  dan massa 2 akan kembali ke pegas bawah. Siklus ini terjadi terus menerus hingga gaya eksternal dihilangkan. Kondisi ini yang dimanfaatkan untuk menghaluskan serbuk hingga ukuran yang diharapkan.

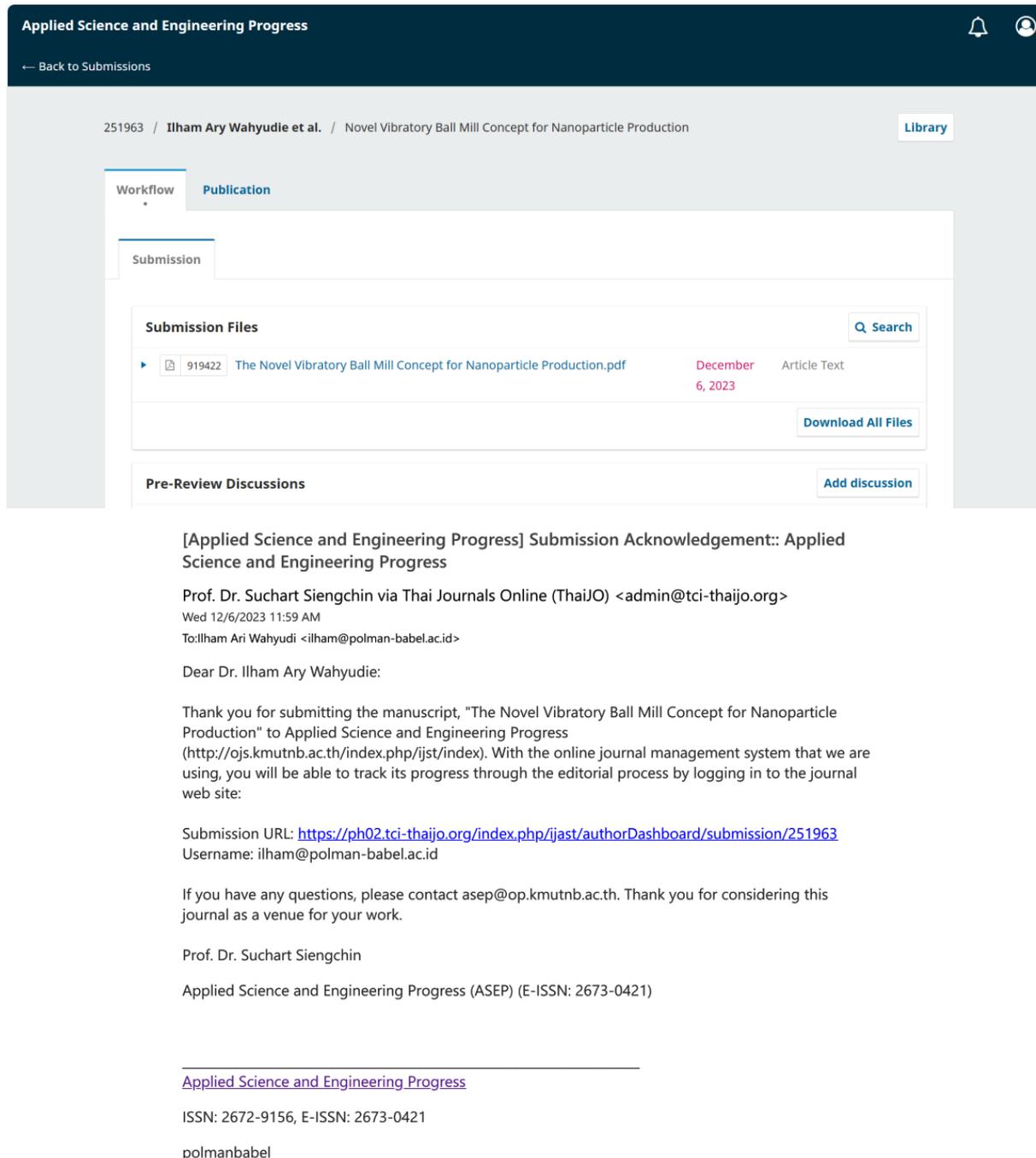
Adapun rancangan mesin *vibratory ball mill* ditunjukkan pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Rancangan *Forced Vibratory Ball Mill*

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui BIMA.

Luaran penelitian ini adalah publikasi dalam jurnal internasional. Jurnal tujuan publikasi adalah Jurnal Applied Science and Engineering Progress (SJR Q2) dengan Publisher King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB). Hingga laporan ini disusun, status luaran masih submitted. Bukti kemajuan luaran ditunjukkan pada Gambar 8 tangkapan layar berikut ini.



**[Applied Science and Engineering Progress] Submission Acknowledgement:: Applied Science and Engineering Progress**

Prof. Dr. Suchart Siengchin via Thai Journals Online (ThaiJO) <admin@tci-thaijo.org>  
Wed 12/6/2023 11:59 AM  
To: Ilham Ari Wahyudi <ilham@polman-babel.ac.id>

Dear Dr. Ilham Ary Wahyudie:

Thank you for submitting the manuscript, "The Novel Vibratory Ball Mill Concept for Nanoparticle Production" to Applied Science and Engineering Progress (<http://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/ijst/index>). With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Submission URL: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/ijst/authorDashboard/submission/251963>  
Username: ilham@polman-babel.ac.id

If you have any questions, please contact [asep@op.kmutnb.ac.th](mailto:asep@op.kmutnb.ac.th). Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Prof. Dr. Suchart Siengchin  
Applied Science and Engineering Progress (ASEP) (E-ISSN: 2673-0421)

---

[Applied Science and Engineering Progress](#)  
ISSN: 2672-9156, E-ISSN: 2673-0421  
polmanbabel

Gambar 8. Tangkapan layar kemajuan publikasi

**E. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui BIMA.

Tidak ada mitra yang bekerjasama dalam penelitian ini.

**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian adalah keterbatasan alat uji/validasi. Alat uji/validasi yang dibutuhkan seperti software analisis menjadi hambatan dalam mempublikasikan hasil penelitian melalui jurnal internasional bereputasi. Waktu pelaksanaan penelitian yang sedikit terlambat (dimulai bulan Juli) menjadi hambatan dalam penyelesaian penelitian khususnya dalam melakukan publikasi. Hambatan-hambatan ini menjadikan target publikasi luaran penelitian sedikit bergeser sehingga tidak sesuai dengan yang direncanakan. Namun demikian, hingga akhir waktu penelitian yang ditentukan, luaran telah dicapai hingga tahap submitted.

**G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana penelitian tahun berikutnya sesuai peta jalan penelitian adalah membuat prototipe *forced vibration ball mill* hingga mencapai TKT level 4 yakni demonstrasi model atau prototipe sistem/subsistem dalam laboratorium [1]. Pada tahun tersebut akan diajukan Paten Sederhana terhadap rancangan mesin *forced vibration ball mill*.

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

[1] M. Nasir, *Pengukuran dan Penetapan Tingkat Kesiapterapan Teknologi*. 2016.

[2] John T. Katsikadelis, "General concepts and principles of structural dynamics," in *Dynamic Analysis of Structures*, Academic Press, 2020, pp. 3–82. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818643-5.00001-7>.